

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Ekologická a evoluční biologie



Tereza Gajdová

Vliv konstantní teploty a vlhkosti na prachové roztoče *Dermatophagoides pteronyssinus* a *Dermatophagoides farinae*

**The effect of constant temperature and moisture to house dust mites
Dermatophagoides pteronyssinus and *Dermatophagoides farinae***

Bakalářská práce

Bachelor thesis

Školitel: doc. Mgr. Jan Hubert, Ph.D.

Praha, 2020

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla použita ke získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 17. května 2020

Podpis

Poděkování:

Chtěla bych velmi poděkovat svému školiteli panu doc. Mgr. Janu Hubertovi, Ph.D., za všechny užitečné rady, trpělivost, ochotu a laskavý přístup při vedení mé práce. Dále pak svému konzultantovi panu doc. RNDr. Janu Votýpkovi, Ph.D., za jeho podnětné připomínky a pomoc s převedením práce na katedru parazitologie. Mé díky patří také Martinu Markovičovi za dohledání některých původních článků a konzultace ohledně formálních úprav.

Abstrakt:

Roztoči druhů *Dermatophagoides pteronyssinus* a *Dermatophagoides farinae* obývají prach domácností po celém světě. Živí se zde jako komenzálové a člověku škodí zejména coby producenti značného množství alergenů. Dle Klimovovy–OConnorovy hypotézy měli tito roztoči parazitického předka, který v průběhu evoluce přešel k volnému způsobu života. Tato práce se zaměřuje na další možný aspekt tohoto přechodu. Srovnává optimální hygrotermální podmínky pro vývoj, reprodukci a populační růst prachových roztočů rodu *Dermatophagoides* s těmi, které preferují jim příbuzné parazitické rody *Sarcoptes* a *Psoroptes*. Vzhledem k tomu, že jsou si tyto tři rody blízké příbuzné, bylo analyzováno, zda se jejich hygrotermální preference v nějakém ohledu podobají. Z výsledků této literární rešerše vyplývá, že prachoví roztoči – v porovnání se svými parazitickými příbuznými – upřednostňují spíše kombinace nižších teplot a vlhkostí. Obdobně jako zástupci konvergentní skupiny skladištních roztočů – například druhy *Tyrophagus putrescentiae* či *Acarus siro*. Mimo problematiky srovnávání preferovaných podmínek výše zmiňovaných rodů, představuje tato práce také souhrn vlivu různých kombinací teplot a vlhkostí na délku vývoje, plodnost a možnosti populačního růstu prachových roztočů.

Klíčová slova:

roztoči, teplota, vlhkost, vývoj, fekundita, populační růst

Abstract

House dust mites *Dermatophagoides pteronyssinus* and *Dermatophagoides farinae* inhabit house dust worldwide. These commensals are for humans harmful especially as producers of many allergens. According to Klimov–OConnor's hypothesis, these mites had a parasitic ancestor who had evolved into a free-living form during the evolution. This thesis focuses on another possible aspect of this transition: it compares optimal hygrothermal conditions for development, reproduction, and population growth of *Dermatophagoides* dust mites with those which are preferred by the house dust mite's related – parasitic genera *Sarcoptes* and *Psoroptes*. Since all these three genera are closely related, it was analyzed whether their hygrothermal preferences would be similar in any respect. However, the results of this literature review suggest that dust mites - compared to their parasitic relatives - prefer combinations of lower temperatures and humidity. Like the representatives of the convergent group of storage mites - e. g. *Tyrophagus putrescentiae* and *Acarus siro*. Apart from the comparison of the preferred conditions of previously mentioned genera, this thesis also presents a summary of the effect of different combinations of temperatures and humidity on the duration of development, fecundity, and the population growth of the house dust mites.

Key words

mites, temperature, moisture, development, fecundity, population growth

Obsah

Definice použitých výrazů.....	1
Úvod.....	2
1. O původu prachových roztočů.....	3
1.1. Taxonomické vymezení.....	3
1.2. Původ prachových roztočů a jejich interakce s člověkem.....	4
1.3. Klimovova–OConorova hypotéza o reverzním parazitismu.....	5
1.4. Biologie rodů <i>Psoroptes</i> a <i>Sarcoptes</i> – rodů fylogeneticky příbuzných prachových roztočů.....	7
2. Teplota a vlhkost jako hlavní abiotické faktory limitující život roztočů.....	9
2.1. Habitat prachových roztočů a preadaptace, které jim umožnily jej osídlit.....	9
2.1.1. Příjem vody ze vzduchu, CEH a její závislost na teplotě.....	9
2.2. Ekologická valence prachových roztočů.....	11
2.2.1. Optimální teplotní a vlhkostní podmínky pro život prachových roztočů.....	12
2.2.2. Podmínky suboptimální a letální.....	13
3. Vliv konkrétních kombinací teplot a vlhkostí na život prachových roztočů.....	16
3.1. Vliv teploty a vlhkosti na délku vývoje	16
3.1.1. Životní cyklus prachových roztočů.....	16
3.1.2. Vliv konkrétních kombinací teplot a vlhkostí na délku vývoje prachových roztočů.....	17
3.1.3. Vliv na vývoj jednotlivých životních stádií prachových roztočů.....	20
3.2. Vliv teploty a vlhkosti na fekunditu.....	23
3.3. Vliv teploty a vlhkosti na populační růst.....	27
3.3.1. Využití poznatků o populačním růstu roztočů při redukci jejich počtů v domácnostech.....	30
Závěr.....	32
Seznam použité literatury.....	34

Definice použitých výrazů

Abundance – absolutní počet jedinců určitého druhu na dané lokalitě (Horák a Volf, 2007).

Adaptivní radiace – proces, při němž dochází k diverzifikaci velkého počtu nových druhů z jejich společného předka, tyto druhy se vyznačují velkou ekologickou a morfologickou rozmanitostí (Neige, 2015).

Aklimatizace – proces, při němž se organismus přizpůsobuje změně prostředí či jeho podmínek. V případě přizpůsobení se suboptimálním podmínkám, může tento jev též vést ke zvýšení tolerance organismu k ještě extrémnějším podmínkám (Townsend, 2008).

Ektotermní organismy – organismy, které získávají teplo z vnějších zdrojů a na teplotě okolí též závisí rychlost jejich metabolismu (Jørgensen a Fath, 2014).

Exudát – tekutina bohatá na proteiny a buněčné elementy, která v důsledku zánětu vytéká z kapilár a hromadí se v okolních tkáních (Shiel, 2018).

K-stratégové – organismy obývající prostředí s intenzivní kompeticí o omezené množství zdrojů. Bývají většinou dlouhověké, mají menší množství potomstva a spíše než do kvantity, investují do jeho kvality (Townsend, 2008).

Komensalismus – forma symbiózy, při níž jeden organismus využívá druhý organismus, aniž by mu přitom škodil (Horák a Volf, 2007).

Konvergentní evoluce – proces, při němž se nepříbuzné druhy vyvíjí pod podobnými selekčními tlaky (například žijí v podobném prostředí), v důsledku čehož se morfologicky podobají (King a kol., 2014).

Monofyletický taxon – taxon obsahující druhy se společným předkem včetně něho a všech jeho potomků (Smrž, 2013).

Obligátní parazit – parazit zcela odkázaný na parazitický způsob života (Horák a Volf, 2007).

Ovipozice – proces kladení vajíček u hmyzu (Smrž, 2013).

Poikilotermní organismus – organismus s nestálou tělesnou teplotou (Jørgensen a Fath, 2014).

R-stratégové – organismy maximalizující rychlost svého množení (jejich populace rostou exponenciálně), jsou schopny rychle kolonizovat nová stanoviště a využívat efemérní zdroje. Mívají krátké životní cykly, vysokou produkci a mortalitu potomstva (Townsend, 2008).

Synantropní organismus – organismus vázaný svým výskytem na člověka (Horák a Volf, 2007).

Úvod

Roztoči druhu *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart, 1898) (česky: prachovka prachová) a *Dermatophagoides farinae* Hughes, 1961 (česky: prachovka americká) se vyskytují v prachu domácností po celém světě. Oba tyto druhy jsou velmi rozšířené a dohromady představují asi 80–90 % z celkové populace roztočů obývajících tento habitat (Arlian, 1992). Prachoví roztoči jsou komenzály živícími se různými organickými zbytky (nejčastěji odpadlými kousky kůže, vlasů a nehtů) či hyfami hub. Častým objektem výzkumu jsou především coby producenti alergenů způsobujících u lidí různé zdravotní problémy (van Bronswijk a kol., 1971; Colloff, 2009; Li a kol., 2018). Mimo medicínského významu je však u těchto roztočů nesmírně zajímavá také otázka jejich evolučního původu.

Klimovova–OConorova hypotéza o reverzním parazitismu předpokládá, že předek těchto roztočů byl původně parazitem, který v průběhu svého evolučního vývoje přešel ke komensalismu. To v přírodě nebývá příliš běžným jevem. Parazitům tuto změnu životního stylu většinou znemožňuje jejich přílišná adaptace na život v nebo na hostiteli (například odbourání struktur, které jsou při životě „na úkor druhých“ přebytečné, zatímco ve volném prostředí se bez nich obejít nelze) (Klimov a OConnor, 2013).

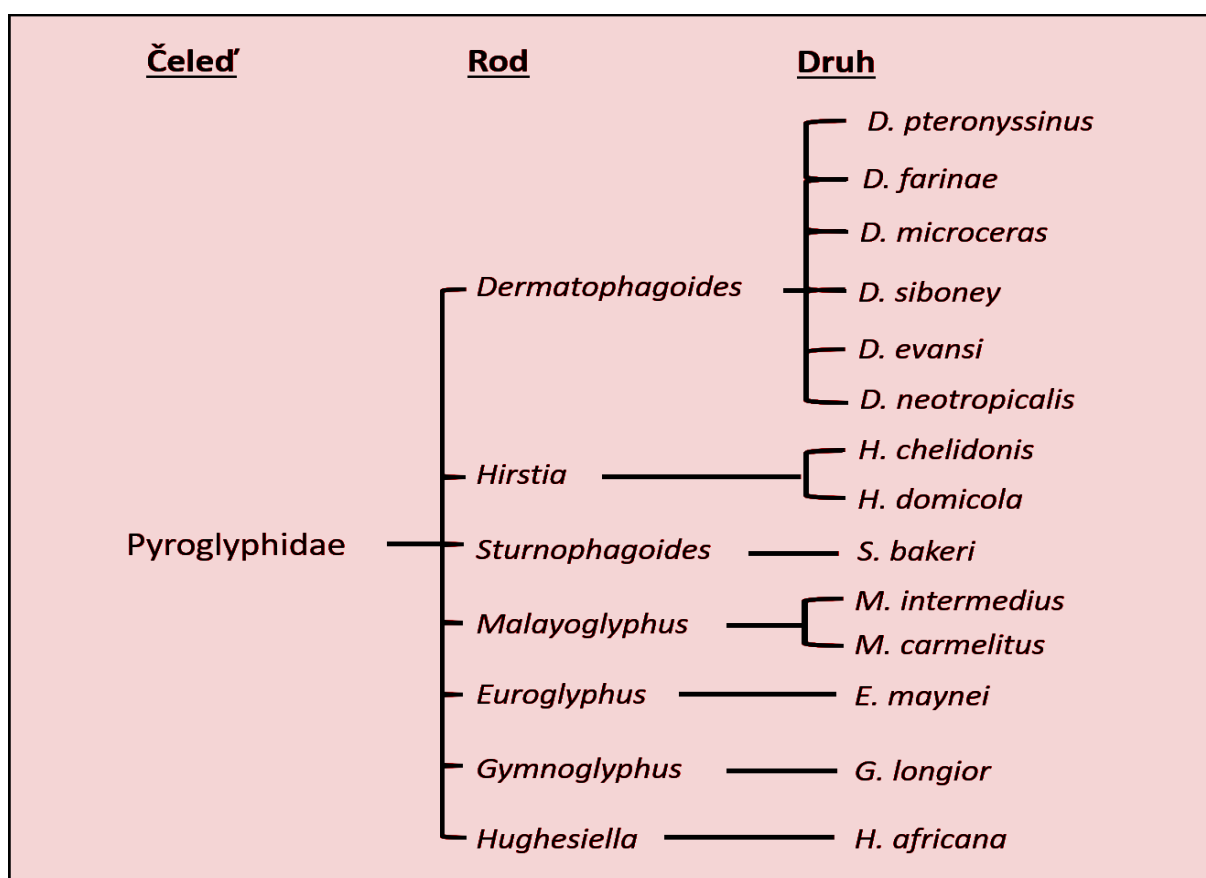
Pro rody *Sarcoptes* a *Psoroptes*, které jsou prachovým roztočům fylogeneticky příbuzné, je – zrovna tak jako pro jiné parazity – typické těsné semknutí s jejich hostitelem. Ten jim poskytuje nejen neomezenou hojnost potravy, ale také konstantní podmínky pro život. Prachoví roztoči z těla svého „hostitele“ (respektive jeho zbytků) těží také, leč v jeho bezprostřední blízkosti se přímo nezdržují (Colloff, 2009). Dávají přednost volnému prostředí, kde čelí různým kombinacím abiotických faktorů, které se mohou významně odlišovat od těch, na které byl pravděpodobně zvyklý jejich předek-parazit.

Mezi nejvýznamnější abiotické faktory ovlivňující život roztočů patří vlhkost a teplota (Spieksma, 1967; Colloff, 2009). V rámci této práce bych se ráda zaměřila na to, jak moc se tyto roztoči ve svých hygrotermálních požadavcích (tj. kombinacích teplot a vlhkostí vhodných pro jejich vývoj, reprodukci a populační růst) liší od svých parazitických příbuzných. V případě platnosti Klimovovy–OConorovy hypotézy by se dalo alespoň částečně předpokládat, že se budou v některých svých nárocích podobat spíše (výše zmiňovaným) rodům *Sarcoptes* a *Psoroptes* než konvergentním skladištním druhům roztočů (OConnor, 1979). Je však tomu tak? Nalezení odpovědi na tuto otázku by mohlo napomoci dalšímu prozkoumání biologie těchto pozoruhodných organismů.

1. O původu prachových roztočů

1.1. Taxonomické vymezení

Mezi prachové roztoče *sensu stricto* bývá tradičně řazena čeleď Pyroglyphidae (prachovkovití), která náleží do řádu Astigmata, nadřádu Acariformes, podtřídy Acari (roztoči), třídy Arachnida (pavoukovci), podkmene Chelicerata (klepítkatci), kmene Arthropoda (členovci), říše Opisthokonta a domény Eukaryota (Zicha, 2019). Ne všechny druhy do ní náležící jsou však roztoči synantropními. Dle Whartona (1976) se v prachu domácností vyskytuje asi jen jedna třetina druhů této čeledi, zbylé dvě třetiny žijí v asociaci s různými druhy savců či ptáků. Na obrázku 1 jsou uvedeny druhy, které byly v domácím prachu nalezeny.



Obrázek 1 – Druhy roztočů z čeledi Pyroglyphidae, které se nacházejí v domácím prachu. Převzato z Li a kol. (2018), upraveno.

Významné synantropní druhy se nacházejí i v čeledích Echimyopodidae, Glycyphagidae a Acaridae. Zde se však jedná především o skladištní škůdce (např. rody *Glycyphagus* či *Lepidoglyphus*). Z hlediska abundance a celosvětového rozšíření se v lidských obydlích mimo druhů *D. farinae* a *D. pteronyssinus* vyskytuje často také druh *Euroglyphus maynei* (Wharton, 1976).

Druhy *D. pteronyssinus* a *D. farinae*, na něž je tato práce především zaměřena, jsou si morfologicky poměrně podobné. Dospělé samice dosahují velikosti kolem 370 až 430 μm , samci 300 až 350 μm (Ju, 2012). Což je na hranici rozlišitelnosti lidského oka (Stejskal a Hubert, 2008). Roztoči představují v mnoha státech význačné škůdce skladovaných potravin, a mnohdy zároveň nezanedbatelný alergenní agens (Sinha a Paul, 1972; Hage-Hamsten a kol., 1991; Stejskal a Hubert, 2008). Jejich význam je však právě vzhledem k malé velikosti, na rozdíl od jiných škůdců, jako jsou například různé druhy pisivek či brouků, leckdy opomíjen.

1.2. Původ prachových roztočů a jejich interakce s člověkem

Předpokládá se, že s člověkem je celkově asociovaných kolem 300 druhů roztočů (Montealegre a kol., 2002). S mnohými z nich se můžeme setkat celkem hojně přímo v našich domácnostech. V prachu pod postelí v ložnici, čalouněném nábytku v obývacím pokoji, ve zvířecím krmivu či podestýlce. A také v potravinách jako je například mouka, sušené ovoce, sýr a dokonce i dětská výživa (Chambers a kol., 1999). Odkud však tyto druhy pocházejí? Jaká byla životní strategie jejich předků v dobách, kdy ještě žádná lidská společnost neexistovala?

Při hledání odpovědi na tuto otázku by nám mohla pomoci morfologie. Všechny čtyři čeledi, do nichž se synantropní roztoči řadí, obsahují zároveň druhy vyskytující se v rostlinném opadu na povrchu orných půd (Acaridae), případně druhy asociované s hnízdy nebo těly malých savců (Glycyphagidae, Echimyopodidae) a ptáků (Pyroglyphidae) (OConnor, 1979). Druh *D. farinae* byl krom prachu lidských domácností nalezen také v hnízdech potkana obecného (*Rattus norvegicus*) či křečka dlouhoocasého (*Peromyscus maniculatus*) (Fain, 1966), druh *D. pteronyssinus* zase například u tyрана bentevi (*Pitangus sulphuratus*, Passeriformes) (Silva a kol., 2018). Mnozí z těchto zvířecích hostitelů budují svá hnízda v lidských obydlích, eventuálně se živí zrním, které člověk skladuje. Je možné, že předci dnešních prachových roztočů využili příležitost kolonizovat volnou niku lidského „hnízda“ – postele. Skýtala totiž obdobné benefity jako jejich předchozí příbytky: opakované setkávání s hostitelem zajišťovalo roztočům neomezený přísun potravy a zároveň potřebnou teplotu a vlhkost (Colloff, 2009).

Nezdá se ovšem příliš pravděpodobné, že by k tomu došlo během jediné kolonizační události, jednou vývojovou linií s následnou adaptivní radiací (Colloff, 2009). Akarofauna v lidských příbytcích dosahuje celosvětově poměrně pestré diverzity a morfologické rozmanitosti (van Bronswijk, 1979). Udává se, že ke spojení prachových roztočů s člověkem

došlo zhruba před 10 000 lety (v mezolitu), kdy se začali lidé usazovat, stavět si trvalejší příbytky a uskladňovat zásoby. Množství tělních plánů by se nestačilo za tak krátkou dobu vyvinout. Je proto mnohem pravděpodobnější, že mnoho taxonů z různých linií kolonizovalo lidská sídla postupně, v různé době (OConnor, 1979).

K rozšíření prachových roztočů v lidských příbytcích významně napomohlo i využívání různých izolačních materiálů: kousků rostlinných těl, nevydělané zvířecí kůže a později i látek. Samotné odumřelé kožní buňky netvoří zrovna ideální životní prostředí, je v nich příliš sucho, chladno a nedrží pohromadě. V tkaninách se mohou kožní odlupky hromadit – tvořit souvislou vrstvu, a zároveň zajišťují lepší teplotní a vlhkostní podmínky (Spieksma, 1967). Bránou pro vstup prachových roztočů do lidských sídel a zároveň začátkem jejich „zlaté éry“ byl nepochybně rozvoj textilnictví (Colloff, 2009).

1.3. Klimovova–OConorova hypotéza o reverzním parazitismu

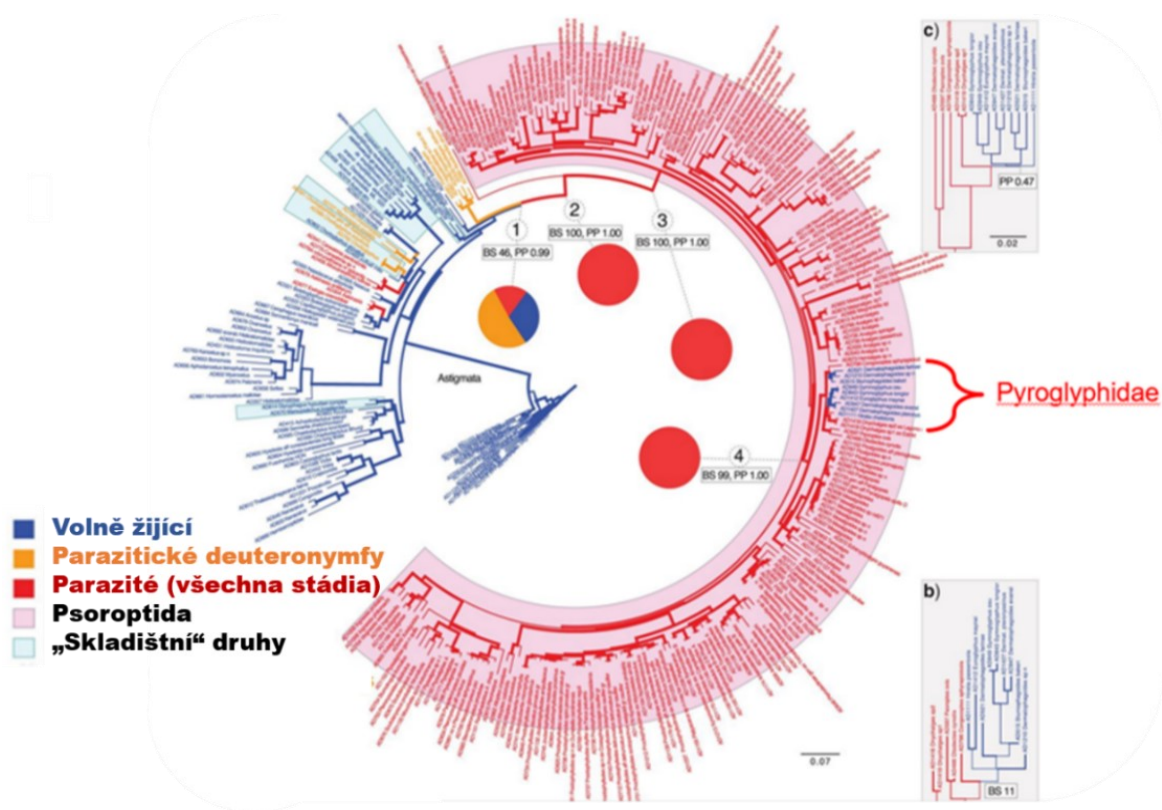
Jak bylo uvedeno výše, předky prachových roztočů bychom mohli nejspíše hledat mezi volně žijícími půdními druhy roztočů anebo komenzálními druhy v hnízdech ptáků a savců. Mnohé studie ukazují příbuznost molekulárních znaků s parazitickými druhy jako je *Sarcoptes scabiei* a *Psoroptes*. Avšak dosud pouze omezené množství druhů roztočů má popsáný genom (např. Mounsey a kol., 2012; Klimov a Oconnor, 2013; Waldron a kol., 2019). Nemohly by být předky prachových roztočů právě ony parazitické druhy?

Pokud chce parazit svého hostitele úspěšně kolonizovat, je evolučně „tlačen“ k tomu, aby se na něj co nejvíce adaptoval, specializoval se. Z dlouhodobého hlediska však může vysoký stupeň specializace omezit schopnost organismu reagovat na měnící se podmínky prostředí. To jej vystavuje vyššímu riziku vyhynutí a přivádí daný druh do tzv. slepé evoluční uličky (Takebayashi a Morrell, 2001; Termonia a kol., 2001). Přejít druhu z volného životního stylu na parazitismus je navíc často spojován s redukcí – organismy ztrácí struktury a orgány, které jsou pro ně v poměrně předvídatelném, stabilním a na živiny bohatém prostředí hostitele zbytečné. To může vést opět k vyšší specializaci na daný hostitelský druh (Horák a Volf, 2007).

Z výše uvedených důvodů bylo dlouho všeobecně přijímaným faktem, že přechod volně žijících organismů k parazitismu je jedním z typických příkladů platnosti Dollova zákona (Klimov a OConnor, 2013). Tento zákon (formovaný belgickým paleontologem Louisem Dolloem v roce 1893) uvádí, že evoluce je nevratná, běží pouze jednosměrně. Žádný organismus se podle něj nedokáže (ani částečně) navrátit do předchozí vývojové fáze, v níž se

nacházeli jeho předci. A to ani za předpokladu, že se ocitne v podmínkách, kde by pro něj byl tento návrat výhodný (Gould, 1970). Vztaheno na parazitický styl života: jakmile se pro něj druh jednou „rozhodne“, již není cesty zpět. Potomci parazitů zůstávají navždy parazity.

Navzdory tomuto dogmatu jsou však v dnešní době známy některé organismy, u nichž se předpokládá, že od parazitismu k volnému způsobu života přešly. Jsou jimi například nematoda rodu *Rhabditophanes* (Rhabdiasidae), některá Diplomonadida (ku příkladu rod *Trepomonas* sp.) či draví roztoči rodu *Mitonyssoides* (Parasitiformes: Dermanyssoidea) (Bochkov a Mironov, 2013; Xu a kol., 2016).



Obrázek 2 – Umístění čeledi Pyroglyphidae v rámci fylogenetického stromu astigmátních roztočů. Převzato z Klimov a OConnor (2013), upraveno.

Jak další příklad takového přechodu se jeví i výsledky rozsáhlé studie provedené týmem vědců z Michiganské univerzity pod vedením Pavla Klimova a Barryho OConnora. Ti se zabývali taxonomickým postavením a otázkou reverzního parazitismu u prachových roztočů. Během svého výzkumu osekvenovali pět jaderných genů od každého z 6150 známých druhů astigmátních roztočů. Následně použili statistické analýzy k testování všech 62 dosud existujících hypotéz alternativního fylogenetického umístění rodu Pyroglyphidae v rámci

podřádu Astigmata. Výsledky těchto analýz ukazují umístění prachových roztočů hluboko ve velké monofyletické linii Psoroptida, která mimo ně zahrnuje parazity savců a ptáků (viz obrázek 2). Tudíž museli všichni vzejít ze společného parazitického předka. Navzdory Dollovu zákonu se též ukázalo, že některé vlastnosti tohoto předka mohly návratu prachových roztočů zpět k volnému životu napomoci (Klimov a OConnor, 2013).

Colloff (2009) uvádí, že na rozdíl od půdních a skladištních roztočů se nejbližší příbuzní prachových roztočů vyznačují schopností tolerovat nízkou vlhkost, trávicími enzymy, díky nimž dovedou rozkládat tuhé materiály (jako je například kůže nebo keratin), a jsou

– ve srovnání s ostatními parazitickými roztoči – méně specifictí ohledně toho, na jakém hostiteli žijí (Colloff, 2009). Je pravděpodobné, že všechny tyto vlastnosti mohly být užitečné při přechodu od parazitování na zvířatech ke komenzálnímu životu v jejich hnízdech. Až si tyto roztoči nakonec našli cestu i do lidských domovů (Klimov a OConnor, 2013).

1.4. Biologie rodů *Psoroptes* a *Sarcoptes*, rodů fylogeneticky příbuzných prachových roztočů

Mezi blízké, paraziticky žijící, příbuzné prachových roztočů patří rody *Psoroptes* a *Sarcoptes*. Oba náleží do řádu Sarcoptiformes zahrnujícího obligátní ektoparazity savců (Mounsey a kol., 2012). Rod *Psoroptes* cizopasí na koních, sudokopytnících (jako jsou například skot, ovce či kozy) a také na králících. Některé druhy osídlují povrch hostitelova těla, například jeho ušní boltce (Bates, 1999). Na rozdíl od jiných zástupců čeledi Sarcoptiformes si tyto roztoči nehloubí v kůži chodbičky ani ji nijak nenabodávají. Zdržují se pouze na jejím povrchu (*stratum corneum*), kde za pomoci chelicer obrušují zrohovatělé kožní buňky. Hlavní složku jejich potravy tvoří v nich a tkáňovém moku obsažené lipidy, serózní a hemoragické exsudáty a na povrchu pokožky žijící bakterie (Sanders a kol., 2000). Svým hostitelům způsobují dermatitidy zahrnující ztrátu srsti a tvorbu svědících strupů, které bývají často místem vstupu druhotných infekcí. Roztoči se v hostitelské populaci šíří tělesným kontaktem, ale také kontaminativně přes objekty (například stromy či ohradníky), o něž se infikovaná zvířata otírají (Bates, 1999).

Mezi hostitele rodu *Sarcoptes* patří velké množství savců náležících celkově do 17 různých čeledí, včetně člověka. Vývojová stadia a dospělí samci roztočů žijí na povrchu kůže a v mělkých chodbičkách ve svrchní vrstvě kůže. Zde též dochází ke kopulaci se samičkami, po níž samci hynou (Arlian, 1989). Oplozené samice se provrtávají do hlubších vrstev kůže

(rozhraní mezi vrstvami *stratum granulosum* a *stratum lucidum*) a vyživují se tkáňovým mokem, který do chodbiček prosakuje. Svým hostitelům tím způsobují onemocnění svrab (Van Neste a Lachapelle, 1981). Za primární zdroj infekce bývá považován přímý kontakt mezi hostiteli. Všechna vývojová stádia jsou ovšem schopna přežít určitou dobu mimo tělo hostitele a někdy se též touto cestou přenést na hostitele nové. Limitujícími faktory jsou pro ně vlhkost a teplota (Arlan, 1989).

Jak již bylo zmíněno výše: Na rozdíl od těchto parazitických příbuzných, s nimiž mají společné předky, nejsou prachoví roztoči se svým lidským hostitelem tak těsně semknuti. Nevyskytují se v jeho bezprostřední blízkosti, kde lze očekávat konstantní teplotu a vlhkost. Ve volném prostředí namísto toho čelí kolísání těchto faktorů (Colloff, 2009).

2. Teplota a vlhkost jako hlavní abiotické faktory limitující život roztočů

2.1. Habitat prachových roztočů a preadaptace, které jim umožnily jej osídlit

Pro život prachových roztočů je, stejně tak jako pro všechny ostatní organismy na Zemi, esenciální příjem vody a udržení její vhodné bilance v těle. Habitat prachu lidských domácností je však poměrně suchý. Zdroje kapalné vody se zde skoro nevyskytují a bohatá na ni není ani potrava, kterou konzumují. Navíc mají i roztoči – jako většina suchozemských členovců – relativně velký povrch těla vůči jeho objemu, což zapříčiňuje zvýšený odpar. Aby mohli prachoví roztoči takovéto prostředí osídlit, musely u nich být přítomné některé preadaptace umožňující alternativní příjem vody a zamezení jejím ztrátám (Arlan, 1992).

Mezi tyto preadaptace patří například, jak uvádí Colloff (2009), absence organizovaného dýchacího systému (trachejí a spirákul), jímž by docházelo k úbytku vody vysycháním přes chitinovou intimu kutikuly. Dále pak nepropustný integument (exoskeleton), který zamezuje odparu. Roztoči jsou též schopni získávat metabolickou vodu ze své na lipidy bohaté potravy. Na druhou stranu však mohou krmení i dočasně omezit. Tím zabraňují – obdobně jako v případě redukce defekace, a ovipozice – ztrátám tekutin s těmito procesy spojenými (Colloff, 2009).

Další z preadaptací, které umožnily prachovým roztočům v nepříznivých podmínkách přežít, je tvorba k desikaci odolných nymfálních stádií (viz podkapitola Životní cyklus prachových roztočů) (Colloff, 2009). Známé jsou však i preadaptace behaviorální. Roztoči mohou aktivně migrovat od zdroje tepla (třeba v čalouněném nábytku přistavěném k radiátoru), uchylvat se do skrýší s vyšší vlhkostí, či se shlukovat (Blythe, 1976). U samců druhu *D. farinae* bylo například pozorováno, že tvořili agregáty po 5–20 jedincích. V důsledku vytvoření tohoto „mikrokosmu“ poté dosáhli téměř dvounásobně nižší ztráty vody, než tomu bylo u solitérních jedinců (Glass a kol., 1998).

2.1.1. Příjem vody ze vzduchu, CEH a její závislost na teplotě

Jednou z vůbec nejdůležitějších preadaptací pro život v domácím prachu je schopnost aktivního čerpání vody přímo z nenasyčeného vzduchu (Arlan a Wharton, 1974). Toho roztoči dosahují produkcí hyperosmotického roztoku, který vylučují supra-koxálními žlázami (kanálky ústíciemi na bázi kyčlí). Jedná se o energeticky náročný mechanismus, který je pro roztoče zároveň hlavním zdrojem příjmu vody. Aby však byla tato adaptace funkční, nesmí relativní vzdušná

vlhkost prostředí (zkratka RH) klesnou pod bod tzv. kritické rovnovážné vlhkosti (Arlian, 1992).

Kritická rovnovážná vlhkost (zkratka CEH, někdy též nazývaná kritickou rovnovážnou aktivitou) značí bod, kdy se ztráta vody výparem rovná jejímu možnému zisku z okolí (Wharton a Arlian, 1974). Jinými slovy: z těla členovce se transpirací vypaří stejné množství vody, jaké je z okolního vzduchu schopen přijmout zpět. Pokud relativní vlhkost okolí klesne pod tuto hodnotu, členovci nejsou schopni ztráty vody kompenzovat, dochází k jejich dehydrataci a úhynu. Vzhledem k výše popsanému jevu bývá relativní vzdušná vlhkost uváděna jako jeden z nejdůležitějších faktorů limitujících život roztočů (Fletcher a kol, 1996).

Krom vlhkosti vzduchu, je však také neméně významná jeho teplota, která s vlhkostí úzce souvisí. Se změnami teploty dochází k rozdílnému odpařování vody a mění se i množství par, které je vzduch schopen pojmout. Obecně platí, že s rostoucí teplotou stoupá i schopnost vzduchu absorbovat vodní páry (Fuchs, 2017).

U roztočů druhu *D. farinae* bylo zjištěno, že jejich CEH je přímo úměrná teplotě prostředí (Arlian a Veselica, 1981). Arlian a Veselica (1981) provedli experiment, při němž dospělé samice tohoto druhu částečně dehydratovali tak, že ztráta jejich tělesné vody činila mezi 30–50 %. Skupiny roztočů byly poté vystavovány několika vzdušným vlhkostem (v rozmezí 45–95 %) a ke každé z nich náležící teplotě (v rozsahu mezi 5–40 °C). Dehydratované samice znovu získaly většinu své tělesné vody při umístění do komůrek s 55% vzdušnou vlhkostí při teplotě 15 °C. Dále pak při 65% vlhkosti a 25–30 °C a vlhkosti vzduchu 70% a teplotě 35 °C. Se zvyšující teplotou vzduchu se přímo úměrně zvyšovala i kritická rovnovážná vlhkost, ve které mohli roztoči dosáhnout čistého zisku vody (Arlian a Veselica, 1981). V jiném, obdobně uspořádaném experimentu byla jako kritická rovnovážná vlhkost pro druh *D. pteronyssinus* shledána RH 73%. Teplota vzduchu při tomto experimentu činila 25 °C (Arlian, 1975).

Na rozdíl od prachových a některých skladištních roztočů (například rodů *Acarus* či *Tyrophagus*) postrádají parazitické rody *Psoroptes* a *Sarcoptes* schopnost získávat vodu z nenasyčeného vzduchu. Ohledně jejího příjmu jsou vázáni na svého hostitele a ve volném prostředí rychle dehydratují (Arlian a Vyszenski-Moher, 1988). Arlian a kol. (1988) změřili, že dospělé samice druhu *Sarcoptes scabiei* var. *canis* dehydratovaly v porovnání s druhem *D. farinae* při 75% RH (25 °C) 2–3krát rychleji. Zatímco při 97% RH ztratily dokonce až 10krát více vody než jejich neparazitické příbuzné. Tento zdánlivý paradox vysvětlují autoři experimentu tím, že vyšší

relativní vlhkost mohla v roztočích evokovat setkání s hostitelem. Tj. podmínky, při nichž produkují značné množství sekretů umožňujících penetraci a následnou lézi kožních buněk (Arlian a kol., 1988). Nehledě na dehydrataci se však zdají být vysoké hodnoty RH (kolem 90 %) nejschůdnější pro přežívání těchto roztočů mimo tělo hostitele (viz dále).

2.2. Ekologická valence prachových roztočů

Na příkladu tepelné valence definuje Fields (1992) pro všechny organismy tři základní zóny: optimální, suboptimální a letální. V tabulce 1 je uvedeno vymezení těchto zón pro synantropní členovce spolu s efektem, který na ně příslušná rozmezí teplot mají. Fields (1992) dále uvádí, že na tepelné preference a schopnost přežívání těchto zvířat může mít vliv také aklimatizace.

Tabulka 1 – Rozmezí teplot v jednotlivých zónách a popis efektu, který mají na členovce. Převzato z Fields (1992), upraveno.

Zóna	Teplota (°C)	Efekt
Letální	50–60	Mortalita v řádu minut
	45	Mortalita v řádu hodin
Suboptimální	35	Zastavení vývoje
	33–35	Zpomalování vývoje
Optimální	25–33	Maximální rychlost vývoje
Suboptimální	13–25	Zpomalování vývoje
	13–20	Zastavení vývoje
Letální	5	Mortalita v řádu dní (neaklimatizovaní), stav strnulosti
	– 10–5	Mortalita v řádu týdnů až měsíců (aklimatizovaní)
	– 25 až – 15	Mortalita v řádu minut

Optimem, je myšleno rozmezí teplot, v němž organismus nejlépe prosperuje, dosahuje nejvyšší rychlosti vývoje a je schopen produkovat maximální množství potomků.

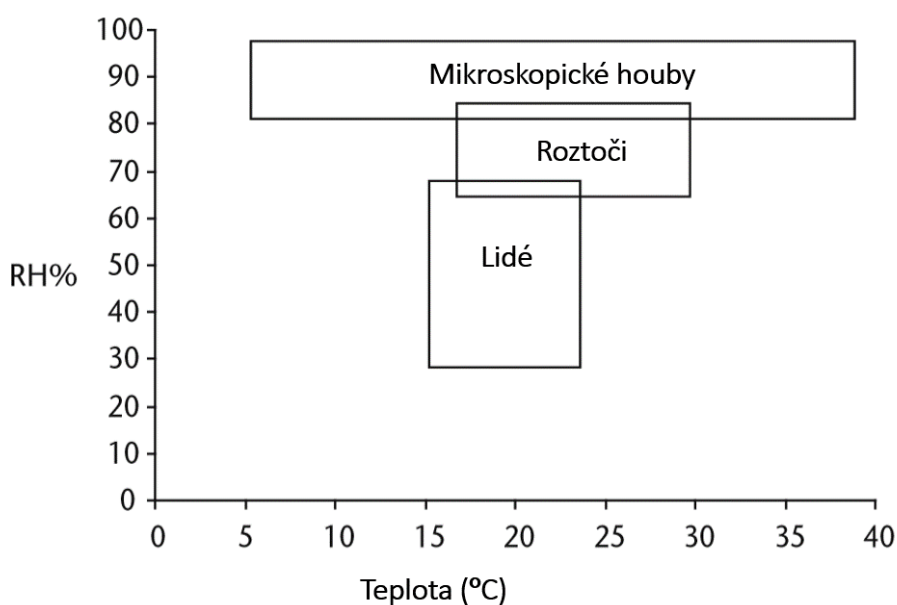
Suboptimum zahrnuje rozmezí teplot nacházející se pod či nad zónou optima. Organismus může v rámci těchto podmínek přežívat a rozmnožovat se, ačkoli dochází zpravidla k poklesu jeho reprodukční rychlosti (Fields, 1992). K dokončení vývojového cyklu je (v závislosti na velikosti odchylky od optima) třeba delší časový úsek nežli v předchozí zóně. S tímto jevem se pojí také termín „horní práh vývoje“. Ten je možné definovat jako konkrétní teplotu, při níž se vývoj organismu začíná zpomalovat (Parreira, 2016).

Do letální zóny lze zahrnout všechny hodnoty dané veličiny pod a nad zónou suboptima. Jedná se o podmínky, v nichž se organismus nemůže vyvíjet ani rozmnožovat. Vlivem působení

vysokých, či nízkých teplot dochází k různým poškozením těla, která dovede organismus do jisté míry opravovat. V delším časovém horizontu jsou však pro něj smrtelná (Fields, 1992). Teplota, při níž se vývoj zastavuje, se nazývá spodním prahem vývoje (Honěk, 1996).

2.2.1. Optimální teplotní a vlhkostní podmínky pro život prachových roztočů

Dle Colloffa (2009) prosperují obecně populace prachových roztočů nejlépe při teplotách 20–25 °C a 75–80% relativní vlhkosti. Těchto poznatků se využívá i v praxi při laboratorním chovu roztočů. Colloff (2009) uvádí, že dobrého populačního růstu lze dosáhnout při pokojové teplotě (cca 18–22 °C) a 75% RH. K jeho urychlení poté stačí zvýšit teplotu na 28–33 °C a RH na 80 %. Pro navození požadovaných vlhkostí se chovné komůrky s roztoči umísťují do exsikátorů s nasycenými roztoky solí, nejčastěji chloridu sodného či chloridu draselného.



Obrázek 4 – Diagram znázorňující rozsah vlhkostní a tepelné valence roztočů a mikroskopických hub a „komfortních“ podmínek pro lidi. Převzato z Colloff (2009), upraveno.

Ač se prachovým roztočům v našich obydlích dobře daří, jejich vlhkostní a tepelná valence se s naším „komfortním“ klimatem (tj. podmínkami, které jsou nám lidem příjemné a v domácnostech si je udržujeme) překrývají spíše jen částečně. Rozsah tohoto překryvu znázorňuje diagram na obrázku 4.

Mimo pole značícího meze růstu populace roztočů, je zde uveden tentýž údaj pro výskyt mikroskopických hub. U spor některých druhů bylo prokázáno, že se jimi roztoči živí. Jiné rody (např. *Aspergillus* sp. a *Penicillium* sp.) mají na jejich populace vliv spíše negativní.

(Arlan a kol., 1998a; Naegele a kol., 2013). Třetí pole označuje průměrné optimální klima lidského příbytku. Data použitá pro sestavení tohoto diagramu však byla naměřena v 60. letech 20. století. Vzhledem k současným trendům přetápění se dá odhadovat, že by průměrné rozmezí dnes preferovaných teplot mohlo být na škále posunuté ve prospěch vyšších hodnot.

Optimální podmínky pro skladištní roztoče druhů *Acarus siro* (skladokaz moučný) a *Tyrophagus putrescentiae* (sýrohub zhoubný), zde zmiňované kvůli porovnání v následující kapitole, jsou uváděny kolem 23 °C a 87% RH (Spieksma, 1967).

U parazitických rodů *Psoroptes* spp. a *Sarcoptes* spp. lze očekávat, že budou preferovat teplotu těla svých hostitelů, která se u savců pohybuje mezi 36–39 °C (Meisner, 2016) a vyšší relativní vlhkosti kolem 100 % (Arlan a Vyszynski-Moher, 1988). Pokud se však ocitnou mimo jeho tělo, nejdéle jsou schopni přežít v prostředí s vysokou (cca 90%) vlhkostí a teplotou kolem 10 °C. Arlian a kol. (1984) uvádějí, že roztoči druhu *Sarcoptes scabiei* var. *canis* dokáží při teplotě 10 °C (a 97% RH) přežít mimo tělo hostitele až 19 dní. Nejvyšší průměrné dožití (15 dní) naměřili Smith a kol. (1999) u druhů *Psoroptes ovis* (prašivka ovčí) a *Psoroptes cuniculi* (prašivka králíci) při 95% RH a 9 °C. Se zvyšující se teplotou (a klesající vlhkostí) prostředí se poté jejich šance na přežití snižovaly (Smith a kol, 1999).

2.2.2. Podmínky suboptimální a letální

Souhrn vlivu několika vybraných suboptimálních a letálních kombinací teplot a vlhkostí na roztoče druhu *D. farinae* a *D. pteronyssinus* je uveden v tabulce 2.

Z laboratorních experimentů vyplývá, že nepříznivé podmínky lépe snáší prachoví roztoči chovaní ve větších počtech. Arlian (1975) uvádí, že jednotliví roztoči druhů *D. farinae* ani *D. pteronyssinus* nepřežili déle než 8–11 dní při teplotě 25 °C a nízkých RH v rozmezí 40–50 %. U prosperujících populací byl signifikantní počet jedinců schopen přežívat po dobu 10 týdnů (Arlian, 1975). Nutno však dodat, že počty jedinců za těchto podmínek poklesly, zpomaloval se u nich vývoj a u žádné z 10 – v příslušném experimentu pozorovaných – samic neproběhla ovipozice (van Bronswijk a kol., 1971).

Obdobně jako při nízkém RH, populace roztočů neprospívají ani ve vlhkostech nad 85 % (při teplotě 20 °C). Děje se tak pravděpodobně vzhledem k nárůstu mikroskopických hub. Právě jimi produkované toxiny by mohly být zodpovědné za zvýšený úhyn, inhibici rozmnožování a vývoje roztočů (Arlian a kol., 1998a). Při 85 a 90% RH (a teplotě 25 °C) pozorovala

van Bronswijk (1971) výrazné zpomalení vývoje obou těchto druhů a při 100% jeho úplné zastavení. Zatímco při 70% RH 9 z 10 pozorovaných samic nakladlo vajíčka, při 85% to byly 2 a při 90% pouze 1 z nich. Žádná z pozorovaných samic nekladla vajíčka při 100% RH.

Tabulka 2 – Popis vlivu několika vybraných suboptimálních a letálních kombinací teplot a vlhkostí na roztoče druhu *D. farinae* a *D. pteronyssinus*. Limitující faktor je zvýrazněn tučně.

RH (%)	Teplota (°C)	Druh	Efekt
100	25	DF, DP	Zastavení vývoje ¹
85–90	25	DF, DP	Zpomalení vývoje a rozmnožování, zvýšený úhyn ¹
80	10–12	DP	Zastavení vývoje ²
75	35	DF	Zastavení vývoje u většiny jedinců (DP schopen vývoje) ³
	16	DF	Zastavení vývoje u většiny jedinců (u DP pouze zpomalení vývoje) ³
	2	DF	Mortalita během týdne ⁴
	-18	DF	Mortalita během 24 hodin ⁵
60	51	DP	Mortalita během 6 hodin ⁶
	45	DF	Mortalita během necelých 2 hodin ⁷
40–50	25	DF, DP	Mortalita během 8–11 dní (jednotlivci); zpomalení vývoje, zastavení rozmnožování, zvýšený úhyn (populace) ⁸

Reference: ¹ – van Bronswijk, 1971); ² – Dobson (, 1980; ³ – Arlian a kol., 1996; ⁴ – Paul a Sinha, 1972; ⁵ – van Bronswijk a Sinha, 1971; ⁶ – Kinnaird, 1974; ⁷ – Chang, 1998; ⁸ – Arlian, 1975

DP – *D. pteronyssinus*; DF – *D. farinae*

Dobson (1980) uvádí, že roztoči druhu *D. pteronyssinus* byli schopni klást vajíčka i při relativně nízkých teplotách 10–12 °C (při 80% RH). Žádné z nich se ovšem za těchto podmínek nedokázalo vyvinout do stádia larvy.

Ve srovnávacím experimentu nebyl druh *D. farinae* v 98 % případů schopen dokončit svůj vývoj při teplotách 16 °C a 75% RH. U druhu *D. pteronyssinus* bylo za stejných podmínek ovšem schopno dosáhnout stádia dospělého 59 % jedinců. Pokud se u těchto dvou druhů srovnával vývoj při relativně vysoké teplotě 35 °C (a 75% RH), u druhu *D. pteronyssinus* byla úspěšnost dokončení vývojového cyklu 87 %. U *D. farinae* to bylo pouze 15 %. Z těchto údajů vyplývá, že ač oba tyto druhy obývají stejný habitat, *D. pteronyssinus* je ohledně tepelných

nároků více euryvalentní (Arlian a kol., 1996). U jedinců tohoto druhu byla pozorována schopnost přežívat po dobu jednoho měsíce i při teplotě 4 °C (van Bronswijk a kol., 1971).

U populace druhu *D. farinae* vystavené teplotě 2 °C (při 75% RH) nastala 85% mortalita během 7 dní (Paul a Sinha, 1972). Dle van Bronswijk a Sinhy (1971) nepřežil žádný z jedinců z pozorovaného vzorku déle než 24 hodin při teplotě –18 °C (a 75% RH). Paul a Sinha (1972) však při zopakování tohoto experimentu pozorovali několik přeživších roztočů i po 24hodinové expozici těmto podmínkám.

Dobson (1980) předpokládá, že nejvyšší teplota umožňující přežívání roztočů rodu *Dermatophagoides* by mohla být mezi 37–40 °C. To potvrzuje i Murton (2000), který pozoroval při 37 °C a 75% pomalý růst populace druhu *D. pteronyssinus*. Doba, během níž jsou roztoči schopni přežít, se s narůstající teplotou mezi 40–50 °C prudce snižuje. Pokud jsou však vysoké teploty v tomto rozmezí kombinovány s optimálním RH, může to jejich přežívání prodlužovat. RH zmírňující mortalitu je dle Changa (1998) při 40 °C v rozmezí 50 až 70 %. Zatímco při 50 °C se jedná o RH 70–90%. Při teplotách vyšších 50 °C již nemá hodnota RH na dobu dožití větší vliv. Za těchto podmínek roztoči hynou v důsledku kolapsu fyziologických funkcí nezávisle na RH prostředí.

Horní bod tepelné smrti (tj. minimální vysoká teplota způsobující 100% mortalitu) byl u jedinců druhu *D. pteronyssinus* stanoven na 45,5 °C (při 60% RH a 24 hodinové expozici těmto podmínkám). Stejný efekt mělo i vystavení studované populace 51 °C (a 60% RH) po dobu 6 hodin (Kinnaird, 1974). U skupin dospělých samic druhu *D. farinae* byla pozorována 100% mortalita při vystavení teplotě 40 °C mezi 39 a 84 hodinami v závislosti na RH. Při teplotě 45 °C (a 60% RH) nepřežila žádná ze samic déle než 105 minut (Chang, 1998).

Pro srovnání roztoči druhu *S. scabiei* nepřežili déle než 10 minut při teplotě 49 °C a 30 minut při 47,5 °C. Obdobně jako u prachových roztočů neměla ani v tomto případě atmosférická vlhkost na jejich přežívání žádný vliv. Vysoká teplota zahubila roztoče dříve, než se projevil účinky vysušení (Mellanby a kol., 1942).

3. Vliv konkrétních kombinací teplot a vlhkostí na život prachových roztočů

Obdobně jako u jiných ektotermů je také u roztočů tělesná teplota a míra metabolické aktivity primárně určována teplotou okolí. Se stoupající teplotou se u nich zvyšuje vývojová rychlost a též se v kratších časových intervalech rozmnožují (Schowalter, 2006). Jak bylo nastíněno výše, toto urychlení však dosahuje za určitých podmínek svého maxima a nadále již vývoj/populační růst stagnuje. Zároveň též s rostoucí teplotou může stoupat i mortalita jedinců a populace poté – navzdory zrychlenému vývoji – z delšího časového hlediska neprosperuje (Colloff, 1987; Koekkoek a Bronswijk, 1972).

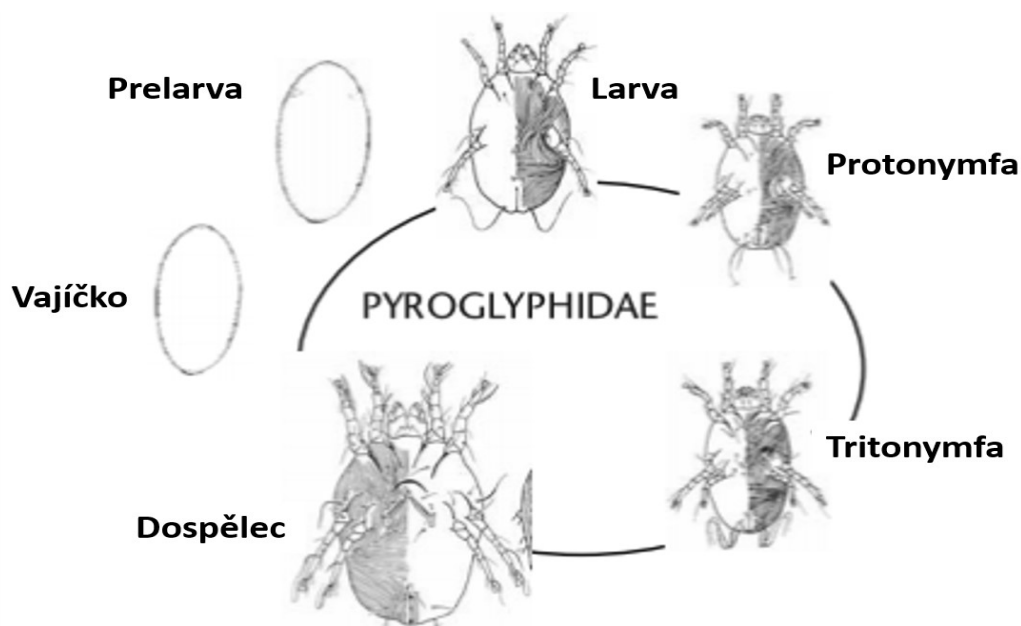
3.1. Vliv teploty a vlhkosti na délku vývoje

3.1.1. Životní cyklus prachových roztočů

Životní cyklus roztočů z čeledi Pyroglyphidae se skládá z šesti vývojových stádií: vajíčka, prelarvy, larvy, protonymfy, tritonymfy a dospělce (viz obrázek 3). Obdobně jako u jim příbuzných parazitických čeledí Sarcoptidae a Psoroptidae tvoří tyto roztoči fakultativní, druhotná larvální stádia – deuteronymfy. Ta se vyskytují u některých dalších čeledí – např. Glycyphagidae a Acaridae – a slouží-li k přečkávání nepříznivých podmínek, označují se jako hypopy (Colloff, 2009).

Během svého vývoje jsou stádia šestinohé larvy a osminohých nymf nejdříve několik dní aktivní – pohybují se a přijímají potravu. Následně přecházejí do klidové fáze – tzv. farátu, kdy potravu nepřijímají. V průběhu druhé z těchto fází se uvnitř jejich exoskeletu uskuteční metamorfóza v protonymfu, tritonymfu či dospělce (Arlian a kol., 1990; Arlian a Dippold, 1996).

Trvání období klidu bývá zpravidla kratší než doba aktivity. Všechna tři klidová období jsou srovnatelně dlouhá (Arlian a kol., 1990; Arlian a Dippold, 1996). V případě nepříznivých podmínek mohou roztoči druhu *D. farinae* setrvávat v klidovém stádiu (tzv. „prodloužené“) protonymfy či tritonymfy i delší dobu. Tato vývojová stádia jsou rezistentní vůči desikaci obdobně, jako je tomu u hypop jiných čeledí. Roztoči druhu *D. pteronyssinus* však odolná nymfální stádia tvořit nedovedou (Matsumoto, 1986; Arlian a kol., 1989). Mimo vlhkosti a okolní teploty závisí rychlost vývoje prachových roztočů též na množství, dostupnosti a kvalitě potravy.



Obrázek 3. – Vývojový cyklus čeledi Pyroglyphidae. Převzato z Colloff (2009), upraveno.

3.1.2. Vliv konkrétních kombinací teplot a vlhkostí na délku vývoje prachových roztočů

Vlivu různých kombinací teplot a RH na délku vývoje prachových roztočů se věnuje poměrně velké množství publikací. Údaje z několika z nich jsem se pokusila shrnout v tabulce 3. Jedná se o srovnání délky vývoje prachových roztočů *D. farinae* a *D. pteronyssinus* s jim příbuznými parazitickými druhy *S. scabiei* var. *canis* a *P. ovis* a skladištními roztoči (*T. putrescentiae* a *Acarus* sp.). Příslušná data jsou uvedena ve dnech a značí čas od naklazení vajíčka až po metamorfózu v dospělce. Všechna zmiňovaná měření byla prováděna na samicích.

Jak vyplývá z údajů v tabulce 3, u druhu *D. farinae* probíhal vývoj nejrychleji při 80% RH a teplotě 30 °C. Informace o vývoji těchto roztočů při 80% vlhkosti a teplotě 35 °C se mi v literatuře bohužel nepodařilo dohledat. Rezk (2016), který prováděl měření délky životního cyklu tohoto druhu při teplotách 20, 25 a 30 °C (při 80% RH), pozoroval, že se s rostoucí teplotou zkracovala. Je ovšem otázkou, zda by se tento fenomén za daných podmínek potvrdil i při teplotě 35 °C. V obdobném experimentu provedeném Arlianem a Dippoldem (1996) při 75% RH trval vývoj roztočů při 30 °C kratší dobu, než tomu bylo za 35 °C (viz tabulku 3). Při teplotě 35 °C byla navíc schopna dokončit vývoj jen 2 % ze všech (75) pozorovaných jedinců.

Tabulka 3 – Vliv různých kombinací teplot a vlhkostí na celkovou dobu trvání vývojového cyklu vybraných roztočů
 Uvedená data představují průměr z jednotlivých měření a směrodatnou odchylku (bez označení)/standardní chybu (označeno •).
 Údaje byly zaokrouhleny na celé dny.

RH [%]	Teplota [°C]	<i>D. farinae</i>	<i>D. pteronyssinus</i>	<i>T. putrescentiae</i>	<i>A. farris/siro</i> *	<i>S. scabiei</i> var. <i>canis</i>	<i>P. ovis</i>
70–76	20	44 ± 3 _a	ND	24 ± 2• _h	X _i 25 ± 2 _l *	ND	ND
	25	40 ± 7 _b	36 ± 3 _b	15 ± 1• _h	X _i	ND	ND
	30	18 ± 1 _c	19 ± 19 _e	12 ± 1• _h X _k	X _m *	ND	ND
	35	22 ± 4 _c	15 ± 2 _e	ND	ND	ND	ND
80–85	20	37 ± 4• _d	45 _f	27 ± 6 _k	17 ± 2 _l *	ND	ND
	25	21 ± 1• _d	16 _f 23 _g	15 _i	23 ± 1• _i	ND	ND
	30	15 ± 1• _d	16 _f	10 ± 3 _j	ND	ND	ND
	35–37	ND	13 _f	ND	ND	ND	17– 18 _p
90–100	25	ND	X _f	9 _i 12 ± 1 _k	10 _i 10 _n *	ND	ND
	35–37	ND	X _f	ND	ND	9– 13 _o	ND

Reference: _a – Arlian a kol., 1998b; _b – Matsumoto a kol., 1986; _c – Arlian a Dippold, 1996; _d – Rezk, 2016; _e – Arlian a kol., 1990; _f – Dobson, 1980; _g – Blythe, 1976; _h – Kheradmand a kol., 2007; _i – Sánchez-Ramos a Castañera, 2007; _j – Li a kol., 1998; _k – Rivard, 1961; _l – Fejt a Žďárková, 2001; _m – Cunningham, 1985; _n – Mevlüt, 1989; _o – Arlian a Vyszenski-Moher, 1988; _p – Priselkova, 1954 podle Sweatman, 1958

X – Druh za daných podmínek nedokázal svůj vývoj dokončit; ND – Příslušná data se mi nepodařilo dohledat; * – Data byla měřena u druhu *A. siro*

Na druhou stranu u druhu *D. pteronyssinus* se vývoj s rostoucí teplotou zkracoval v rozmezí 70–76 i 80–85% RH. Při 35 °C a 80% RH proběhl pak zcela nejrychleji. V experimentu provedeném Dobsonem (1980) vyšla délka vývoje *D. pteronyssinus* při teplotách 25 a 30 °C a 80% RH jako takřka srovnatelná. Blythe (1976) oproti tomu změřil, že u tohoto druhu vývoj trval při 25 °C a 80% RH 23 dní.

Dobson (1980) dále uvádí, že *D. pteronyssinus* nebyl schopen dokončit vývojový cyklus při 100% RH a teplotě 25, 30 ani 35 °C. Zajímavé ovšem je, že při téže vlhkosti a 20 °C několik jedinců (autor ohledně konkrétního počtu pouze uvádí, že jich bylo více než 6) životní cyklus dokončilo – a to v průměru za 54,6 dní. Ani u jednoho z druhů prachových roztočů nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl v délce vývoje mezi samci a samicemi (Arlan a kol., 1990; Arlian a Dippold, 1996).

U druhu *T. putrescentiae* probíhal v rámci srovnávaných podmínek vývoj nejrychleji při vysokých vlhkostech v rozmezí 90–100 % a teplotě 25 °C. Rivard (1961) naproti tomu změřil, že vývoj za těchto podmínek trval přes 12 dní, což by bylo déle, než je tomu dle jiných autorů (Kheradmand a kol., 2007; Li a kol, 1998) při 30 °C a nižších (70–75% a 80–85%) vlhkostech. Hubert a kol. (2011) uvádí, že optimální podmínky pro vývoj tohoto druhu jsou při 29–35 °C a 90% RH. Dle Barkera (1967) se jedná o teplotu 32 °C a vysokou (98–100%) vlhkost. Jak dlouho za těchto podmínek vývoj trval, autor neuvádí. Zároveň však dodává, že při teplotě 33,9 °C se už vývoj tohoto druhu zpomaloval a při 36,7 °C ustal úplně. Data pro kombinaci 35 °C a 70–75 či 80–85% vlhkosti se mi pro srovnání bohužel nepodařilo dohledat.

Pro účel pokrytí co nejširšího spektra kombinací teplot a vlhkostí uvádím v tabulce 3 údaje o dvou blízké příbuzných druzích *Acarus farris* a *A. siro* v rámci jednoho sloupce. Tyto druhy se lišily ve schopnosti dokončit vývojový cyklus při teplotě 20 °C a 70% RH. Druh *A. farris* se za daných podmínek vyvíjet nedokázal (Sánchez-Ramos a Castañera, 2007). *A. siro* toho schopen byl (Fejt a Žďárková, 2001), ovšem v delším časovém intervalu než při RH 80%.

Z dohledatelných údajů vyplývá, že by u obou těchto druhů mohl vývoj nejrychleji probíhat při vysokých vlhkostech kolem 90% RH a teplotě 25 °C. Cunningham (1985) uvádí, že při 30 °C a 70% RH nebyli roztoči druhu *A. siro* schopni dokončit svůj vývoj (resp. z žádného ze studovaných vajíček se nevylíhla larva). 30 °C při 85% však byla nejvyšší teplota vývoj ještě umožňující (Solomon, 1962). Jak dlouho se za těchto podmínek roztoči vyvíjeli, autor neuvádí.

Dle Huberta (2013) preferuje rod *Acarus* vlhkost 85% RH. Zda by však ta v kombinaci s teplotou 30 °C umožnila rychlejší vývoj, než tomu bylo při 90–100% RH a 25 °C, není jisté.

Pozorování vývojového cyklu parazitických roztočů rodu *Sarcoptes* je vzhledem k jeho biologii (zavrtávání se pod kůži hostitele) znesnadněno. Arlian a Vyszenski-Moher (1988) byli pravděpodobně prvními výzkumníky, kterým se podařilo jeho podrobný průběh a trvání *in vivo* zdokumentovat. Líhnutí vajíček druhu *S. scabiei* var. *canis* docílili jejich umístěním do 100% RH a teplot 35 °C – tj. do podmínek, s kterými se tito roztoči setkávají na tělech svých hostitelů. Bohužel se mi nepodařilo dohledat další literaturu, která by se touto problematikou zabývala a poskytovala údaje k porovnání. Dá se však předpokládat, že kombinace nižších vlhkostí a teplot nebudou pro jejich vývoj vhodné (Arlian a kol., 1984).

Priselkova (1954; dle Sweatmana, 1958) uvádí, že vývojový cyklus parazitického druhu *P. ovis* trval 17–18 dní při teplotě 36–37 °C a minimálně 85% RH. Při nižších teplotách a RH to bylo údajně 1–3 měsíce. O jaké konkrétní teploty a hodnoty RH se jedná, ovšem Sweatman nezmiňuje a původní zdroj této informace se mi nepodařilo dohledat. Dle Lewise (1997) trvá vývojový cyklus těchto roztočů 14 dní.

3.1.3. Vliv na vývoj jednotlivých životních stádií prachových roztočů

Při kombinacích vyšších teplot a vlhkostí byl, obdobně jako u celkové délky vývojového cyklu, urychlen také vývin jednotlivých juvenilních stádií. Tento fenomén ilustruje tabulka 4. obsahující porovnání dílčích fází vývojového cyklu druhů *D. farinae* a *D. pteronyssinus* při vybraných kombinacích teplot a vlhkostí. Příslušná data jsou uvedena ve dnech a byla měřena na samicích. U druhu *D. farinae* se mi bohužel ani u jednoho ze stádií nepodařilo dohledat údaje o jeho vývinu při 35 °C a 80–86% RH. Zda by se u tohoto druhu za daných podmínek vývoj zrychloval stejně jako u *D. pteronyssinus*, je však na pováženou – viz výše.

Colloff (1987) se věnoval výzkumu vývoje a přežívání vajíček druhu *D. pteronyssinus*. Ve svém experimentu inkuboval 6000 vajíček v 60 různých kombinacích teplot a vlhkostí mezi 10–35 °C a 55–100% RH. Jako optimální pro jejich vývoj mu (zrovna tak jako Dobsonovi (1980)) vyšly podmínky 35 °C a 80–85% RH. Larvy se při nich z vajíček líhly již během 4 dnů a jejich mortalita činila jen kolem 5 %. Při 35 °C a 95% RH byl vývoj sice rychlejší (trval 3 dny), ale vzhledem k jejich více než dvojnásobné (12%) mortalitě nelze tyto podmínky považovat za optimální. Colloff (1987) dále uvádí, že vajíčka se vylíhla za všech uvedených

podmínek, ačkoli mortalita signifikantně rostla mezi 10–20 °C a 30–35 °C při nižších, 65% RH. Při kombinacích teplot a vlhkostí mezi 25–30 °C a 65–100% RH nebyl zaznamenán žádný signifikantní rozdíl v mortalitě.

Arlan a Dippold (1996) uvádějí, že nejdéle trvající fází v životním cyklu druhu *D. farinae* bylo stádium larvy. To dle jejich měření představovalo 28; 25,8 a 35,7 % z celkové doby jeho vývoje při 30, 23 a 16 °C a 75% RH. V jiném obdobném experimentu při 25 °C a 75% RH vyšlo jako nejdéle trvající stádium vajíčka (zahrnující 31,2 % z celkového vývoje) (Arlan a kol., 1998b). Autoři obou těchto měření však dodávají, že za daných podmínek nepozorovali u roztočů tvorbu vůči vysychání odolných („prodloužených“) protonymf a tritonymf. Matsumoto a kol. (1986) popsali, že vývoj běžných stádií protonymfy trval při 86; 76 a 61% RH (a 25 °C) 7,7 a 10 dní. Zároveň však za těchto podmínek zaznamenali u některých jedinců i vytváření „odolných“ forem, v nichž roztoči setrvali po dobu 31, 28 a 34 dní. Tvorba stádia „prodloužené“ tritonymfy byla pozorována pouze při 25 °C v kombinaci s 61% RH. Trvalo 35 dní (v porovnání s 9 dny u „běžné“ tritonymfy za těchto podmínek). Žádný z roztočů při tomto experimentu netvořil během svého vývojového cyklu zároveň stádium „odolné“ protonymfy i tritonymfy.

Jak již bylo zmíněno, roztoči druhu *D. pteronyssinus* odolná stadia tvořit nedovedou.

V experimentu provedeném Dobsonem (1980) trval vývoj larvy tohoto druhu srovnatelně dlouho při 25, 30 a 35 °C a 80% RH. Zároveň tento časový úsek (4 dnů) odpovídá i době jejího vývoje při 35 °C a 75% RH, jak jej změřili Arlian a kol. (1990). Spieksma (1967) naproti tomu uvádí, že průměrná doba vývoje larvy při 25 °C a 80% RH byla mezi 5–6 dny.

U druhu *D. pteronyssinus* ve většině případů platilo, že se vývoj s rostoucí teplotou (nezávisle na RH) zrychloval. Výjimkou bylo stádium protonymfy, jehož vývoj trval, dle Dobsona (1980), kratší dobu při 25 °C, než při 30 °C. Proč by tomu tak mohlo být, autor experimentu blíže nespecifikuje. Při obdobném měření provedeném Spieksmou (1967) trvalo stádium protonymfy při 25 °C a 80% RH 4–7 dní. A zároveň se největší procento jedinců (tj. 21 z celkového počtu 65) vyvinulo během 5 dní.

Tabulka 4 – Porovnání dílčích fází vývojového cyklu druhů *D. farinae* (DF) a *D. pteronyssinus* (DP) při vybraných kombinacích teplot a vlhkostí. Uvedená data představují průměr z jednotlivých měření a směrodatnou odchylku (bez označení)/standardní chybu (označenou •). Data byla zaokrouhlena na celé dny.

RH [%]	Teplota [°C]	Vajíčko		Larva		Protonymfa		Tritonymfa	
		DF	DP	DF	DP	DF	DP	DF	DP
70–76	20	14 ± 1 _a	ND	12 ± 5 _a	ND	9 ± 2 _a	ND	9 ± 3 _a	ND
	25	8 _b	6 _b	8 _b	11 _b	7 ± 1 _b	9 ± 1 _b	7 _b	11 ± 1 _b
	30	5 ± 1 _c	5 ± 2 _e	5 ± 1 _c	7 ± 2 _e	4 ± 1 _c	4 ± 1 _e	4 ± 1 _c	4 ± 2 _e
	35	5 ± 1 _c	4 ± 1 _e	6 ± 1 _c	4 ± 2 _e	6 ± 2 _c	4 ± 1 _e	5 ± 1 _c	3 ± 1 _e
80–86	20	9 ± 1• _d	7 ± 1 _f	11 ± 2• _d	10 ± 1 _f	8 ± 1• _d	9 ± 2 _f	8 ± 1• _d	ND
	25	5 ± 1• _d	5 ± 1 _f 6 _g	8 ± 1• _d	4 ± 1 _f 5–6 _g	4 ± 1• _d	3 ± 1 _f 4–7 _g	5 ± 1• _d	4 ± 1 _f 5–6 _g
	30	4 ± 1• _d	4 ± 1 _f	5 ± 1• _d	4 ± 1 _f	3 ± 1• _d	5 ± 1 _f	3 ± 1• _d	4 ± 1 _f
	35	ND	3 ± 1 _f 4 _h	ND	4 ± 1 _f	ND	3 ± 2 _f	ND	3 ± 1 _f

Reference: _a – Arlian a kol., 1998b; _b – Matsumoto a kol., 1986; _c – Arlian a Dippold, 1996; _d – Rezk, 2016; _e – Arlian a kol., 1990; _f – Dobson, 1980; _g – Spieksma, 1967; _h – Colloff, 1987

ND – Příslušná data se mi nepodařilo dohledat

Dobson (1980) též měřil dobu vývoje tritonymf druhu *D. pteronyssinus* při 20 °C a 80% RH. Dle jeho pozorování trvala 18 dní. Autor však sám uvádí, že mu tento údaj vyšel u méně než 6 z celkového počtu pozorovaných jedinců (jejichž přesné množství není uvedeno), nelze jej tedy považovat za signifikantní a z celkové analýzy byl vyřazen. Do tabulky 4 jsem jej proto nezařadila. Jak bylo zmíněno výše, bohužel se mi nepodařilo najít žádné další zdroje, z nichž by se daly získat informace o vývoji za těchto podmínek vhodné k porovnání.

3.2. Vliv teploty a vlhkosti na fekunditu

Ač náleží druhy *D. farinae* a *D. pteronyssinus* do stejného rodu, jejich reprodukční biologie se odlišuje. Samice druhu *D. pteronyssinus* jsou poměrně krátkověké. Po metamorfóze v dospělce, následované oplozením, se dožívají jen něco kolem 31 dní (při 23 °C a 75% RH). Po většinu této doby kladou vajíčka a brzy po skončení ovipozice hynou (Arlian a kol., 1990). Průměrná doba dožití dospělých samic druhu *D. farinae* se oproti tomu za stejných podmínek pohybuje kolem 100 dní (Arlian a kol., 1998b). Dle Arliana a kol. (1998b) mohou po skončení své reprodukční periody tyto samice žít i dalších 64 dní, aniž by byly znovu oplozeny. Některé z nich se však během této doby páří opakovaně, čímž dovedou období ovipozice prodloužit a navýšit tím svou produkci vajíček až o 30 % (Alexander a kol., 2002).

Reprodukčně aktivní samci druhu *D. farinae* se dle Matsumota (1986) dožívají kolem 43 dní (při 25 °C a 76% RH), zatímco u samců druhu *D. pteronyssinus* je to za stejných podmínek dokonce kolem 88 dní. Spieksma (1967) a van Bronswijk a Sinha (1971) uvádějí, že samci těchto roztočů jsou po dosažení dospělosti po celý zbytek života fertilní a schopní oplodnit více samic. Jelikož však závisí přežívání a četnost populace spíše na množství vyprodukovaných vajíček, bývá fekunditě (plodnosti) samic věnována výrazně větší pozornost.

Doba dožívání dospělců, trvání ovipozice, počet nakladených vajíček a jejich přežívání – to vše může být výrazně ovlivněno podmínkami, v nichž roztoči žijí (Colloff, 2009). Vliv různých kombinací teplot a vlhkostí na tyto parametry je popisován následovně (viz tabulka 5):

Tabulka 5 – Doba trvání ovipozice, počet vajíček nakladených samicí za den/za život a doba dožívání samic roztočů druhu *D. farinae* (DF) a *D. pteronyssinus* (DP) při vybraných kombinacích teplot a vlhkostí. Uvedená data představují průměr z jednotlivých měření a směrodatnou odchylku (bez označení)/standardní chybu (označenou •). Data byla zaokrouhlena na celé dny.

RH [%]	Teplota [°C]	Ovipozice		Počet vajíček/samice		Počet vajíček/samice/den		Dožívání samic	
		DP	DF	DP	DF	DP	DF	DP	DF
70–76	23	26 ± 11 _a	34 ± 11 _b	68 ± 30 _a	65 ± 14 _b	2 ± 1 _a	2 _b	31 ± 11 _a	100 ± 60 _b
	25	35 ± 20 _c 41 ± 15 _d	55 ± 9 _d	100 ± 33 _c 76 ± 22 _d	72 ± 6 _d	3 ± 1 _c 2 _d	1 _d	45 ± 14 _c 72 ± 44 _d	77 ± 18 _d
	35	11 ± 6,4 _a	ND	48 ± 30 _a	ND	3 ± 1 _a	ND	15 ± 10 _a	ND
80–86	20	ND	33 ± 3• _e	ND	74 ± 4• _e	ND	2 ± 2• _e	ND	39 ± 2• _e
	25	21 ± 5 _d	50 ± 9 _d 28 ± 2• _e	52 ± 12 _d	81 ± 8 _d 81 ± 5• _e	2 _d	2 _d 3 ± 1• _e	42 ± 22 _d	95 ± 23 _d 34 ± 3• _e
	30	ND	17 ± 2• _e	ND	52 ± 1• _e	ND	3 ± 1• _e	ND	23 ± 2• _e

Reference: _a – Arlian a kol., 1990; _b – Arlian a Dippold, 1996; _c – Hart a kol., 2007; _d – Matsumoto a kol., 1986; _e – Rezk, 2016

ND – Příslušná data se mi nepodařilo dohledat

U obou druhů probíhala ovipozice nejdéle při 25 °C. Při RH 75–76% RH trvala u druhu *D. farinae* 55 dní (Matsumoto a kol., 1986) a u *D. pteronyssinus* v průměru 35 dní dle Harta a kol. (2007), či 41 dní, jak uvádí Matsumoto a kol (1986). Za těchto podmínek také samice druhu *D. pteronyssinus* kladly nejvíce vajíček – tj. kolem 100 kusů za život (při denní produkci 2–3 kusů) (Hart a kol., 2007). Doba jejich průměrného dožití činila 72 dní (Matsumoto a kol., 1986), což bylo z dohledaných údajů nejdéle. Ohledně fekundity tohoto druhu při 80–86% RH se mi bohužel podařilo najít pouze data vztahující se k 25 °C. Tyto dohledané údaje však naznačují, že 70–76% RH bude pro reprodukci roztočů *D. pteronyssinus* vhodnější.

Zajímavé je, že ačkoli u druhu *D. farinae* trvalo období snůšky nejdéle při 25 °C a 75–76% RH, vyšší produkci vajíček u něj Matsumoto a kol. (1986) a Rezk (2016) pozorovali za téže teploty při RH 86%. U doby dožívání tohoto druhu Rezk (2016) uvádí, že se při 85% RH zvyšovala s klesající teplotou. Tento fenomén by potvrzovala i – v rámci dohledaných údajů – nejdelší průměrná doba dožití (100 dní) naměřená Arlianem a Dippoldem (1996) při 23 °C a 75–76% RH. Ta byla o přibližně 23 dní delší než doba dožití, kterou u tohoto druhu naměřili při 25 °C a 75–76% RH Matsumoto a kol. (1986). Od údajů naměřených Matsumotem a kol. (1986) při 25 °C a 85–86% RH (tj. dožívání po dobu 95 dní) se však výše zmiňovaná Arlianova a Dippoldova data (naměřená při 23 °C a 75–76% RH) liší jen minimálně. Z uvedených údajů by se tedy mohlo zdát, že se samice roztočů tohoto druhu dožívají nejdéle při 23–25 °C, nehledě na rozdíl mezi 76% a 86% RH. Ujištění o pravdivosti této domněnky se mi však v literatuře najít nepodařilo.

Velký rozdíl je oproti tomu v datech naměřených Matsumotem a kol. (1986) a Rezkem (2016) při 25 °C a 85–86% RH. Zatímco dle Matsumota a kol. (1986) se samice druhu *D. farinae* za těchto podmínek průměrně dožívaly – výše zmiňovaných – 95 dnů, Rezk (2016) uvádí, že se jednalo pouze o 34 dnů. Autor novější ze studií důvody, proč by tomu tak mohlo být, neuvádí. Dle Colloffa (1987) však může za rozdílnými výsledky experimentů obecně stát například to, že byla data naměřena v různých podnebných oblastech (v tomto případě pochází první studie z Japonska, druhá z Egypta). Dále pak mohou být rozdíly způsobeny použitím odlišných laboratorních metod, jiných kmenů daného druhu roztočů či jejich krmením rozdílnou potravou (Colloff, 2009).

Arlian a kol. (1990), kteří porovnávali fekunditu druhu *D. pteronyssinus* při 23 a 35 °C (a 75% RH), uvádí, že ačkoli při vyšší teplotě snášely samice denně více vajíček, celková

fekundita a dožívání samic byly signifikantně nižší. Nižší fekunditu a dobu dožívání při 30 °C (za 80% RH) potvrzuje také Rezk (2016) u druhu *D. farinae*.

Na rozdíl od prachových roztočů (kteří by se svou delší ovipozicí a mírnější fekunditou dali označit za K-stratégy), jsou druhy jako *A. farris* či *T. putrescentiae* schopny vyprodukovat velké množství vajíček během relativně krátkého časového úseku. Což jsou vlastnosti typické spíše pro R-stratégy (Colloff, 2009).

Při optimální vlhkosti a teplotě (25 °C a 90% RH – viz výše) kladly samice druhu *A. farris* během svého (15 dní trvajícího) období ovipozice kolem 187 vajíček (tj. 12 vajíček denně). Celkově se poté v dospělosti dožívaly asi 19 dní. Pokud však byly (za téže teploty) vystaveny pouze 80% RH, doba jejich dožívání se zkrátila na 11 dní a doba ovipozice na 6 dní. Během této doby byly schopny vyprodukovat pouhých 13 vajíček (průměrně 2 denně), což je oproti celkové ovipozici při 90% RH výrazný rozdíl (Sánchez-Ramos a kol., 2007).

Druh *T. putrescentiae* dosahoval maximální plodnosti, tj. počtu 555 vajíček nakladených za život, při 20 °C a 90% RH. Největší množství za den (24) jich však samice nakladly při 25 °C a 90% RH. Za těchto podmínek trvala doba ovipozice 21 dní a celkové dožívání roztočů se pohybovalo kolem 37 dní (Sánchez-Ramos a Castañera, 2005). Při relativní vzdušné vlhkosti snížené na 80 % (při 25 °C) však tyto samice kladly pouze kolem 259 vajíček za život (tj. přibližně 6 denně) při ovipozici trvající 44 dní. Doba dožívání dospělých samic činila při této teplotě a vlhkosti 53 dní (Sánchez-Ramos a kol., 2007).

U parazitických rodů *Sarcoptes* a *Psoroptes* se mi nepodařilo dohledat literaturu, která by pojednávala o rozdílech v jejich reprodukci při různých kombinacích teplot a vlhkostí. A je možné, že se žádná ze studií touto problematikou ani nezabývala. Tělo hostitele totiž těmto roztočům běžně poskytuje konstantní podmínky pro vývoj i reprodukci. Dle Houcka (1994) trvá období ovipozice u roztočů rodu *Sarcoptes* kolem 60 dní a jsou za tuto dobu schopni naklást kolem 120–180 vajíček. Kraabøl a kol. (2015) uvádí, že dospělé samice se dožívají 4–6 týdnů. Rod *Psoroptes* má oproti tomu období ovipozice výrazně kratší (trvající jen něco kolem 3 týdnů) a též maximální počet vyprodukovaných vajíček za život samice se pohybuje pouze kolem 35–40 kusů (tj. 1–5 vajíček denně) (Houck, 1994). Dožívání dospělých samic tohoto rodu je kolem 11–45 dní (Russell a kol., 2013).

3.3. Vliv teploty a vlhkosti na populační růst

Populace organismů jsou složitě uspořádanými celky, jejichž velikost se může proměňovat v důsledku mnoha vzájemně se ovlivňujících faktorů. Hlavními zdroji její dynamiky je vychýlení z rovnováhy mezi příbytkem nových jedinců (natalitou a imigrací) a počtem těch, kteří populaci opouští (tj. mortalitou a emigrací jejích členů). Colloff (2009) uvádí, že populace prachových roztočů bývají poměrně izolované a migrace mezi nimi nebývá častým jevem. Významný je u nich tedy především efekt natality a mortality.

Jak bylo uvedeno výše, doba trvání vývojového cyklu roztočů, mortalita v různých jeho fázích i fekundita dospělců – to vše je přímo ovlivněno hygrotermálními podmínkami (Biddulph a kol., 2007). Dle Fraziera a kol. (2006) je růst populace poikilotermních organismů významně ovlivňován zejména teplotou, neboť ta je klíčová pro termodynamiku fyziologických reakcí v jejich tělech. Populační růst bude při nižších teplotách vždy pomalejší, nehledě na to, zda budou kombinovány s optimální vlhkostí (Frazier a kol., 2006). Colloff (2009) však dodává, že vlhkost může naproti tomu působit jako omezující faktor růstu populace při teplotách optimálních. A to zejména, pokud musí organismus vynaložit energii na zamezení dehydrataci na úkor reprodukce.

Tyto zákonitosti potvrzují i výsledky měření provedeného Crowtherem a kol. (2006). V tabulce 6 (obsahující data z tohoto experimentu) jsou uvedeny změny počtu jedinců v populacích druhu *D. pteronyssinus* po 21 dnech inkubace při různých kombinacích teplot a vlhkostí. Autoři uvádějí, že počet jedinců na začátku experimentu zahrnuje roztoče všech životních stádií. Vajíčka byla přítomna také, ovšem do počátečního ani konečného množství roztočů započítána nebyla.

Z posledního sloupce tabulky – multiplikačního faktoru – lze vyčíst nárůst, nebo naopak úbytek počtu roztočů v populaci. Pokud je jeho hodnota rovná 1, znamená to, že množství jedinců zůstává konstantní. Hodnota 1,1 značí 10% nárůst jejich počtu a 0,9 poté naopak pokles velikosti populace o 10 %.

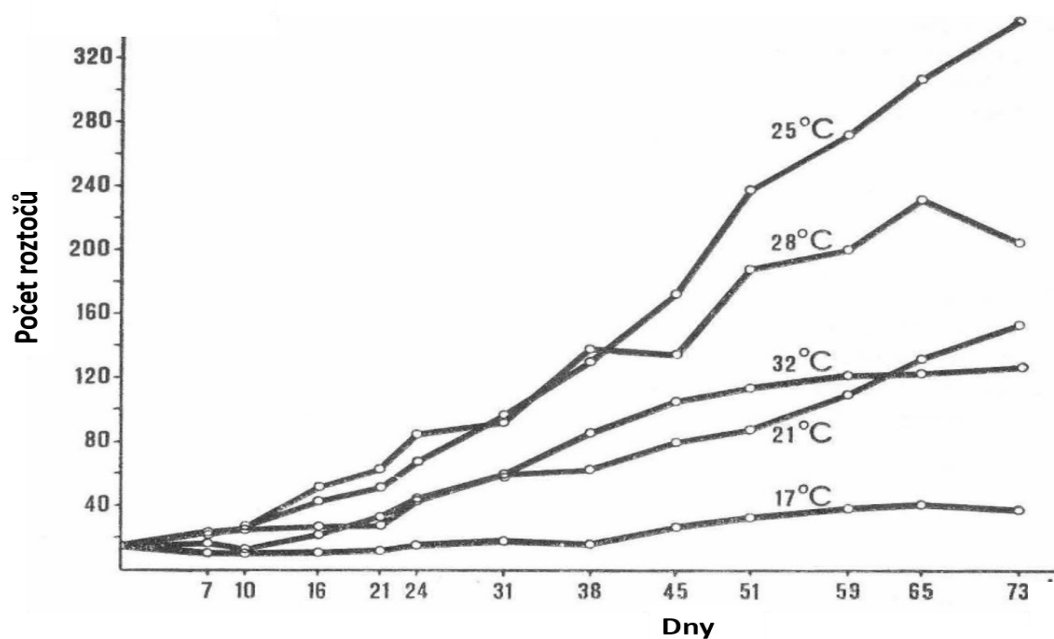
Z tabulky 6 je patrné, že při nižších teplotách 15 °C (při každém RH) a 20 °C (v kombinaci s RH ≤ 46 %) se počty jedinců nezvyšovaly. Zlomky z původních populací však byly schopny přežívat i při RH nižším 55 %, což při jeho kombinacích s teplotami 25, 30 a 35 °C nebylo možné. Žádný, nebo pouze malý nárůst populace též nastal při teplotě 35 °C.

Tabulka 6 – Změny počtu jedinců v populacích druhu *D. pteronyssinus* po 21 dnech inkubace při různých kombinacích teplot a vlhkostí Převzato z Crowther a kol. (2006), upraveno.

Teplota (°C)	Počet jedinců na začátku experimentu (průměr 3 opakování)	RH (%)	Počet jedinců po 21 dnech		Multiplikační faktor
			Průměr 3 opakování	Směrodatná odchylka	
15	776	33.4	130	121	0.17
	795	46.2	116	128	0.15
	799	63.0	656	208	0.82
	794	66.0	754	213	0.95
	794	75.0	633	201	0.80
	781	87.0	763	402	0.98
20	1157	32.4	183	65	0.16
	1171	46.0	385	153	0.33
	1153	68.5	6389	541	5.54
	1142	82.0	7265	660	6.36
	1129	84.4	8864	1266	7.85
	1147	85.6	7479	1218	6.52
25	1156	34.4	0		–
	1141	50.4	0		–
	1177	66.6	9264	373	7.87
	1181	68.6	8408	508	7.12
	1177	85.4	15,029	1758	12.77
30	1196	40.6	0		–
	1184	53.3	0		–
	1167	69.8	9705	3173	8.32
	1113	86.6	21,659	2583	19.46
	1160	88.1	22,088	3614	19.04
35	1162	32.5	0		–
	1164	40.0	0		–
	1176	55.0	0		–
	1156	71.0	1068	667	0.92
	1159	79.0	4531	1365	3.91
	1174	83.0	1677	300	1.43
	1157	94.5	431	161	0.37

Crowther a kol. (2006) tento jev vysvětlují zvýšeným vysycháním (při RH ≤ 55 %), či nárůstem mikroskopických hub, jejichž toxiny roztočům škodily. Jako optimální se pro růst populace roztočů *D. pteronyssinus* v tomto experimentu ukázaly kombinace teploty 30 °C a vysokého, 86,6–88,1% RH. Spiexsma (1967) naproti tomu uvádí, že při pozorování růstu populací těchto roztočů během 74 dnů (za různých teplot při 80% RH), prospívaly nejlépe ty chované při 25 °C – viz graf 1.

Nejvyšší nárůst jedinců v populaci chované při 25 °C (v porovnání s ostatními teplotami) zaznamenali také Koekkoek a Bronswijk (1972). Jejich pozorování trvalo 8 týdnů a bylo prováděno při 75% RH. Zdá se tedy, že z dlouhodobějšího hlediska budou pro populace těchto roztočů příhodnější spíše teploty kolem 25 °C, než 30 °C. Což dle Colloff (2009) a Rezka (2016) platí také pro druh *D. farinae*.



Graf 1 – Změny počtu roztočů druhu *D. pteronyssinus* v populacích v průběhu 73 dní při 80% RH a vybraných teplotách. Převzato ze Spieksma (1967), upraveno.

Jak však bylo zmíněno výše, tyto dva druhy se od sebe liší v reprodukční strategii i teplotním rozmezí, v němž jsou schopny se rozmnožovat. Což se samozřejmě projevuje také při srovnání rychlosti jejich populačního růstu za různých podmínek. Arlian a kol. (1998a) uvádí, že při 20 °C a 65–75% RH *D. pteronyssinus* vykazoval (oproti druhu *D. farinae*) až 1,87 krát vyšší populační růst. Signifikantní počet jedinců z populace druhu *D. farinae* byl ovšem schopen přežít po dobu 10 týdnů při expozici 45 a 50% RH (a teplotě 21–22 °C). Zatímco z populace druhu *D. pteronyssinus* bylo obdobné množství roztočů schopné přežít (za téže teploty) pouze při 50% RH. Doba, během níž počet jedinců poklesl z původního počtu na polovinu, byla poté za těchto podmínek u druhu *D. farinae* 86 týdnů, zatímco u druhu *D. pteronyssinus* pouze 4 týdny (Arlian a kol., 1998a).

Dalším již dříve zmiňovaným faktem je to, že skladištní druhy *T. putrescentiae* a *A. siro* mají oproti prachovým roztočům výrazně zrychlenou reprodukci. Což jim umožňuje znásobení jejich počtu v kratším časovém úseku. Sánchez-Ramos a Castañera (2005) například uvádí, že při 30 °C a 90% RH, kdy probíhal populační růst druhu *T. putrescentiae* v rámci daného experimentu nejrychleji, byli tito roztoči schopni zdvojnásobit množství jedinců v populaci již během necelých dvou dnů. Což u druhu *D. pteronyssinus* trvalo za optimálních podmínek přes dva týdny (Arlian a kol., 1998a).

Rivard (1961a), který studoval populační růst roztočů *T. putrescentiae* po dobu 10 týdnů, též popisuje jeho nejrychlejší průběh při 90% RH. Kombinace této vlhkosti s 30 °C mu však vyšla jako méně preferovaná. Nejvyššího populačního růstu dle něj tito roztoči dosáhli při 90% RH

a teplotách 22,5; 25 a 27,5 °C. Přičemž rozdíly mezi těmito třemi kombinacemi teplot a vlhkostí byly zanedbatelné. Obdobné výsledky jako v této studii (tj. nejvyšší nárůst populací při teplotě 25 °C) získali i Aspaly a kol. (2007), v jejich případě ovšem měření prováděli při 85% RH.

Roztoči druhu *A. siro* dosahovali dle Huberta a kol. (2013) nejvyššího populačního růstu při 23 °C a 85% RH. Velmi podobné podmínky (konkrétně kombinace 25 °C a 85/90% RH) jsou pro maximální množení jejich populací optimální i dle Aspaly a kol. (2007) a Solomona (1962).

Roztoči rodů *Psoroptes* a *Sarcoptes* jsou vzhledem ke svému parazitickému způsobu života adaptováni na konstantní podmínky těl svých hostitelů. Studium rozdílů v populačním růstu při různých kombinacích teplot a vlhkostí se u nich proto může zdát poněkud bezpředmětné. Žádné studie zabývající se touto problematikou se mi – možná i z toho důvodu – dohledat nepodařilo.

Castro a kol. (2018) změřili, že populace roztočů druhu *S. scabiei* (jimiž bylo experimentálně nakaženo 15 jedinců kozorožce iberského (*Capra pyrenaica*)) dokázaly během 221 dní znásobit své počty průměrně 11krát. Autoři tohoto experimentu však uvádějí, že zatímco u některých (do konečné analýzy započítaných) hostitelů se roztoči namnožili pouze málo, u jiných kozorožců se jejich původní počet (čítající cca 750 jedinců) za uvedenou dobu znásobil až 28krát. Dle Castra a kol. (2018) je tato studie zároveň pravděpodobně prvním empirickým měřením populačního růstu druhu *Sarcoptes*, které kdy bylo provedeno.

U roztočů druhu *P. ovis* počítačové simulace ukazují 11% nárůst jejich populací za den a zdvojnásobení počtu všech jedinců přibližně během 6 dní (Wall a kol., 1999). Je ovšem otázkou, jak moc by se tyto předpoklady shodovaly s výsledky empirických studií. Ty se mi pro srovnání bohužel nalézt nepodařilo.

3.3.1. Využití poznatků o populačním růstu roztočů při redukci jejich počtů v domácnostech

Koekkoek a Bronswijk (1972) změřili, že se teplota lidmi „obsazených“ postelí a čalouněných křesel pohybuje v rozmezí 25–29 °C, zatímco RH v nich bývá o 5–8 % vyšší než u okolního vzduchu. Průměrná relativní vlhkost uvnitř domácností se v 70. letech 20. století, kdy byla tato měření prováděna, v zimě pohybovala mezi 30–50 % RH. Po skončení topné sezóny ovšem mohla, zejména ve starších domech, stoupnout až ke 70–80 %, čímž byly nastoleny optimální podmínky pro populační „boom“ prachových roztočů (Koekkoek a Bronswijk, 1972). V dnešní

době jsou mnohé z domů vytápěny centrálním topením a jejich obyvatelé mívají k dispozici navíc i různé vysoušeče či naopak zvlhčovače vzduchu, které umožňují RH regulovat. Obecně bývá lidem doporučováno, aby se v rámci prevence alergií (ale také například ekzému a některých virových onemocnění) pokoušeli ve svých obydlích po celý rok udržovat RH v rozmezí 30–50 % (Koster, 2016).

Opodstatnění tohoto doporučení z hlediska redukce populací prachových roztočů potvrzuje také experiment provedený Arlianem a kol. (2001). Ve 23 amerických domech, kde bylo po dvě vlhká letní období RH aktivně udržováno pod 51 %, poklesl počet prachových roztočů v 1 gramu domácího prachu ze cca 401 (na začátku experimentu) na cca 8 jedinců (po jeho skončení). Na druhou stranu však Arlian a kol. (1998a) ve výsledcích jiné studie uvádějí, že při 21–22 °C a 50% RH byl významný podíl jedinců populace *D. pteronyssinus* schopen po dobu 10 týdnů přežívat. A u druhu *D. farinae* byl signifikantní podíl přeživších roztočů za téže teploty dokonce i při 40% RH (viz výše). Vzhledem k vysokému reprodukčnímu potenciálu obou těchto druhů je dle autorů této studie třeba provádět postupy k redukcí jejich počtu v domácnostech „opravdu důsledně“. Jinak hrozí, že se hustota populací roztočů rychle vrátí na původní úroveň (Arlian a kol., 1998a).

Při kontrole a předpovídání dynamiky populací prachových roztočů za určitých podmínek bývá někdy využíváno počítačových simulací. Při tvorbě těchto modelů se používají publikovaná data týkající se: celkové doby trvání vývojového cyklu roztočů, doby líhnutí jejich vajíček (od okamžiku nakladení), procentuální mortality vajíček a jednotlivých juvenilních stádií, celkového dožívání dospělců a jejich fekundity za dané teploty a vlhkosti. Zohledňuje se však také například počáteční věková struktura modelované populace (Biddulph a kol., 2007).

Nevýhodou těchto počítačových simulací však bývá to, že data v nich používaná byla většinou naměřena v laboratorních (a často i zároveň konstantních) podmínkách (Arlian a kol., 1998a). V prostředí lidských obydlí se oproti tomu roztoči s konstantní teplotou a vlhkostí prakticky nesetkávají. Vlivem různých domácích činností (jako je například větrání, vaření, vytápění či sprchování) dochází v habitatech, které obývají, k neustálému kolísání těchto faktorů. A to nejen v průběhu dne, ale také sezóně vlivem střídání ročních období (Colloff, 2009). O chování populací prachových druhů v našich domácnostech nám tyto modely tedy dávají spíš jen hrubou představu. V praxi o něco použitelnější jsou počítačové simulace populačního růstu druhů vyskytujících se ve skladovaných produktech. Teploty a vlhkosti ve skladech a sýpkách totiž bývají – oproti těm v lidských příbytcích – udržovány na poměrně konstantní úrovni.

Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit souhrn vlivu různých kombinací teplot a vlhkostí na délku vývoje, reprodukci a populační růst roztočů druhu *D. pteronyssinus* a *D. farinae*. Jejich hygrotermální preference byly poté porovnávány s podmínkami optimálními pro jim příbuzné parazitické rody *Sarcoptes* a *Psoroptes* a pro několik dalších, volně žijících druhů roztočů. Dle Klimovovy–OConorovy hypotézy mají prachoví roztoči s rody *Sarcoptes* a *Psoroptes* společného, paraziticky žijícího předka. V rámci této literární rešerše bylo analyzováno, jak moc se prachoví roztoči ve svých hygrotermálních požadavcích od tohoto předpokládaného předka (a jeho uvažovaného způsobu života) vzdálili.

Parazitické rody *Psoroptes* a *Sarcoptes* jsou svou biologii adaptovány na život v konstantních podmínkách (teplotě kolem 36–39 °C a vysoké, téměř 100% relativní vlhkosti).

Prachoví roztoči vykazovali nejvyšší reprodukci a průměrné dožívání při teplotách kolem 25 °C (při RH v rozmezí 70–85 %). Při vyšších teplotách kladly samice více vajíček za den. Doba jejich průměrného dožívání, trvání ovipozice a celková produkce vajíček za život byly však za těchto podmínek nižší. U rodů *Acarus* a *Tyrophagus* byly optimální podmínky pro reprodukci při 20–25 °C a vysokém (přibližně 90%) RH. V tomto ohledu mají prachoví roztoči blíže k volně žijícím druhům.

Ač mohou vysoké teploty kolem 30 °C (v kombinaci s vysokým, 86–88% RH) vést u roztočů rodu *Dermatophagoides* k výraznému populačnímu růstu, za těchto podmínek se u nich zvyšuje také mortalita. Z dlouhodobějšího hlediska prosperují proto lépe jejich populace chované při teplotách kolem 25 °C (a optimálním 70–85 % RH). Preference prachových roztočů se i zde tedy podobají spíše volně žijícím druhům roztočů nežli těm parazitickým.

Prachoví roztoči se s rody *Sarcoptes* a *Psoroptes* částečně shodovali pouze v podmínkách vhodných pro co nejkratší průběh vývojového cyklu. Ty se u rodu *Dermatophagoides* pohybovaly kolem 35 °C a vyšších (80–85%) vlhkostí. U skladištních roztočů rodu *Tyrophagus* však byly v tomto ohledu (obdobné) vyšší teploty a vlhkosti preferovány také. Tento fakt tedy spíš než podobnost prachových roztočů s parazitickými druhy, dokazuje platnost známé ekologické poučky: U většiny ektotermních organismů se s rostoucí teplotou urychlují fyziologické funkce. Což platí i pro rychlost vývoje.

Jak je z předchozích údajů patrné, prachoví roztoči se svým parazitickým příbuzným v hygrotermálních požadavcích příliš nepodobají. Z čehož se dá předpokládat, že se obdobně vzdálili také od vlhkostních a teplotních preferencí svého, s těmito parazitickými rody společného předka (uvažujeme-li, že měl podobnou biologii jako rody *Psoroptes* a *Sarcoptes*).

Zároveň je též nutné podotknout, že i samotné srovnávání těchto organismů na základě konstantních podmínek může být v praxi poněkud zavádějící. Zatímco u parazitických druhů bývá uváděno, že jim tělo hostitele poskytuje poměrně konstantní mikroklima, prachoví roztoči se ve svém habitatu se stálými teplotami a vlhkostmi prakticky nesetkávají. Naopak musí většinou čelit jejich kolísání. V této práci jsem se však vybrané biologické děje u těchto roztočů rozhodla srovnávat za konstantních podmínek – a to zejména kvůli přehlednosti a usnadnění samotného porovnání.

To, že se prachoví roztoči ve svých hygrotermálních preferencích od svých parazitických příbuzných odlišují, však nemusí znamenat zpochybnění Klimovovy–OConnorovy hypotézy. Může se jednat pouze o důkaz toho, že jsou prachoví roztoči dobře adaptovaní na prostředí, ve kterém žijí. Pokud v platnost Klimovovy–OConnorovy hypotézy (a tudíž společného parazitického předka rodů *Sarcoptes*, *Psoroptes* a prachových roztočů) věříme, zajisté by byla škoda nepodniknout v této oblasti další – potenciálně velmi zajímavé – výzkumy.

Nikde se mi například nepodařilo dohledat žádné vědecké studie potvrzující fakt, že parazitickým rodům *Sarcoptes* a *Psoroptes* poskytují těla jejich hostitelů opravdu „zcela“ konstantní hygrotermální podmínky, jak bývá uváděno ve starší literatuře. Nesetkávají se ve skutečnosti i tyto rody s jistým kolísáním těchto faktorů (zrovna tak jako prachoví roztoči)? Pokud ano, o jak výrazné kolísání se jedná? A nemohlo by se (v případě pravdivosti této hypotézy) jednat o další možnou preadaptaci jejich (a prachových roztočů společného) předka k volnému způsobu života?

U samotných prachových roztočů by poté mohlo být v souvislosti s parazitismem zajímavé zkoumat, zda tito roztoči při obsazení postele člověkem opravdu migrují blíže k jeho tělu (jak je též uváděno ve starší literatuře). A jestli si v sobě tudíž dodnes „nezachovali“ něco ze svých parazitických předků...

Seznam použité literatury

*sekundární citace

- Alexander, A., Fall, N. and Arlian, L. (2002) 'Mating and fecundity of *Dermatophagoides farinae*', *Experimental and Applied Acarology*, 26(1–2), pp. 79–86. doi: 10.1023/A:1020920320439.
- Arlian, L. G. (1975) 'Dehydration and survival of the European house dust mite, *Dermatophagoides pteronyssinus*', *Journal of Medical Entomology*, 12(4), pp. 437–442. doi: 10.1093/jmedent/12.4.437.
- Arlian, L. G., Runyan, R. A., Achar, S. and Estes, S. A. (1984) 'Survival and infestivity of *Sarcoptes scabiei* var. *canis* and var. *hominis*', *Journal of the American Academy of Dermatology*, 11(2), pp. 210–215. doi: 10.1016/S0190-9622(84)70151-4.
- Arlian, L. G. (1989) 'Biology, host relations, and epidemiology of *Sarcoptes scabiei*', *Annual Review of Entomology*, 34(102), pp.139–161. doi: 10.1146/annurev.en.34.010189.001035.
- Arlian, L. G. (1992) 'Water balance and humidity requirements of house dust mites', *Experimental & Applied Acarology*, 16(1–2), pp.15–35. doi: 10.1007/BF01201490.
- Arlian, L. G., Confer, P. D., Rapp, C. M., Vyszenski-Moher, D. L. and Chang, J. C. S. (1998a) 'Population dynamics of the house dust mites *Dermatophagoides farinae*, *D. pteronyssinus*, and *Euroglyphus maynei* (Acari: Pyroglyphidae) at specific relative humidities', *Journal of Medical Entomology*, 35(1), pp. 46–53. doi: 10.1093/jmedent/35.1.46.
- Arlian, L. G., Neal, J. S., Morgan, M. S., Vyszenski-Moher, D. L., Rapp C. M. and Alexander A. K. (2001) 'Reducing relative humidity is a practical way to control dust mites and their allergens in homes temperate climates', *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 107(1), pp. 99–104. doi: 10.1067/mai.2001.112119.
- Arlian, L. G. and Dippold, J. S. (1996) 'Development and fecundity of *Dermatophagoides farinae* (Acari: Pyroglyphidae)', *Journal of Medical Entomology*, 33(2), pp. 257–260. doi: 10.1093/jmedent/33.2.257.
- Arlian, L. G., Neal, J. S. and Bacon, S. W. (1998b) 'Survival, fecundity, and development of *Dermatophagoides farinae* (Acari: Pyroglyphidae) at fluctuating relative humidity', *Journal of Medical Entomology*, 35(6), pp. 962–966. doi: 10.1093/jmedent/35.6.962.
- Arlian, L. G., Rapp, C. M. and Ahmed, S. G. (1990) 'Development of *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae)', *Journal of Medical Entomology*, 27(6), pp. 1035–1040. doi: 10.1093/jmedent/27.6.1035.
- Arlian, L. G., Runyan, R. A. a Vyszenski-Moher, D. L. (1988) 'Water balance and nutrient procurement of *Sarcoptes scabiei* var. *canis* (Acari: Sarcoptidae)', *Journal of Medical Entomology*, 25(1), pp. 64–68. doi: 10.1093/jmedent/25.1.64.
- Arlian, L. G. a Veselica, M. M. (1981) 'Reevaluation of the humidity requirements of the house dust mite *Dermatophagoides farinae* (Acari: Pyroglyphidae)', *Journal of Medical Entomology*, 18(4), pp. 351–352. doi: 10.1093/jmedent/18.4.351.
- Arlian, L. G. and Vyszenski-Moher, D. L. (1988) 'Life cycle of *Sarcoptes scabiei* var. *canis*', *The Journal of Parasitology*, 74(3), pp. 427–430. doi: 10.2307/3282050.
- Arlian, L. G., Vyszenski-Moher, D. L. and Pole, M. J. (1989) 'Survival of adults and developmental stages of *Sarcoptes scabiei* var. *canis* when off the host', *Experimental and Applied Acarology*, 6(3), pp. 181–187. doi: 10.1007/BF01193978.
- Arlian, L. G. and Wharton, G. W. (1974) 'Kinetics of active and passive components of water exchange between the air and a mite, *Dermatophagoides farinae*', *Journal of Insect Physiology*, 20(6), pp. 1063–1077. doi: 10.1016/0022-1910(74)90148-6.

- Aspaly, G., Stejskal, V., Pekár, S. and Hubert, J. (2007) 'Temperature-dependent population growth of three species of stored product mites (Acari: Acaridida)', *Experimental and Applied Acarology*, 42(1), pp. 37–46. doi: 10.1007/s10493-007-9074-1.
- Bates, P. G. (1999) 'Inter- and intra-specific variation within the genus *Psoroptes* (Acari: Psoroptidae)', *Veterinary Parasitology*, 83(3–4), pp. 201–217. doi: 10.1016/S0304-4017(99)00058-8.
- Biddulph, P., Crowther, D., Leung, B., Wilkinson, T., Hart, B., Oreszczyn, T., Pretlove, S., Ridley, I. and Ucci, M. (2007) 'Predicting the population dynamics of the house dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae) in response to a constant hygrothermal environment using a model of the mite life cycle', *Experimental and Applied Acarology*, 41(1–2), pp. 61–86. doi: 10.1007/s10493-007-9056-3.
- Blythe, M. E. (1976) 'Some aspects of the ecological study of the house dust mites', *British Journal of Diseases of the Chest*, 70, pp. 3–31. doi: 10.1016/0007-0971(76)90003-6.
- Bochkov, A. V. and Mironov S. V. (2013) 'Is parasitism of metazoa "a one-way ticket"?', *Parazitologiya*, 47(3), pp. 212–227. doi: 10.1134/S001387381309011X.
- Castro, I., Espinosa, J., Granados, J. E., Cano-Manuel, F. J., Fandos, P., Ráez-Bravo, A., López-Olvera, J. R., Soriguer, R. C. and Pérez, J. M. (2018) 'Characterizing the growth of *Sarcoptes scabiei* infrapopulations', *Experimental and Applied Acarology*. 76(1), pp. 41–52. doi: 10.1007/s10493-018-0287-2.
- Colloff, M. J. (1987) 'Effects of temperature and relative humidity on development times and mortality of eggs from laboratory and wild populations of the European house-dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae)', *Experimental and Applied Acarology*, 3(4), pp. 279–289. doi: 10.1007/BF01193165.
- Colloff, M. J. (2009) 'Dust Mites', 1st edition. CSIRO Publishing, Collingwood, VIC, pp. 11–14, 16–20, 101–103, 108–110, 112–114, 116, 131–132, 157–165, 216–225, 235, 237–239, 244–245, 266–269. ISBN: 978-0-643-10049-7.
- Crowther, D., Wilkinson, T., Biddulph, P., Oreszczyn, T., Pretlove, S. and Ridley, I. (2006) 'A simple model for predicting the effect of hygrothermal conditions on populations of house dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae)', *Experimental and Applied Acarology*, 39(2), pp. 127–148. doi: 10.1007/s10493-006-9003-8.
- Cunnington, A. M. (1985) 'Factors affecting oviposition and fecundity in the grain mite *Acarus siro* L. (Acarina: Acaridae), especially temperature and relative humidity', *Experimental and Applied Acarology*, 1(4), pp. 327–344. doi: 10.1007/BF01201572.
- Dobson, R. M. (1980) 'Some effects of microclimate on the longevity and development of *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart).', *Acarologia*, 21(3–4), pp. 482–486.
- Fain, A. (1966) 'Allergies respiratoires produites par un acarien (*Dermatophagoides pteronyssinus*) vivant dans les poussières des habitations.' *Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique*, 6, pp. 479–499. (in French)
- Fejt, R. and Žďárková, E. (2001) 'Bionomics of *Acarus siro* L. (Acarina: Acaridae) on oilseeds', *Plant Protection Science*, 37(3), pp. 111–114. doi: 10.17221/8373-pps.
- Fields, P. G. (1992) 'The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures', *Journal of Stored Products Research*, 28(2), pp. 89–118. doi: 10.1016/0022-474x(92)90018-1.
- Fletcher, A. M., Pickering, C. A. C., Custovic, A., Simpson, J., Kennaugh, J. and Woodcock, A. (1996) 'Reduction in humidity as a method of controlling mites and mite allergens: The use of mechanical ventilation in British domestic dwellings', *Clinical and Experimental Allergy*, 26(9), pp. 1051–1056. doi: 10.1111/j.1365-2222.1996.tb00643.x.

- Frazier, M. R., Huey, R. B. and Berrigan, D. (2006) 'Thermodynamics constrains the evolution of insect population growth rates: "Warmer is better"', *American Naturalist*, 168(4), pp. 512–520. doi: 10.1086/506977.
- Glass, E. V., Yoder, J. A. and Needham, G. R. (1998) 'Short communication. Clustering reduces water loss by adult American house dust mites *Dermatophagoides farinae* (Acari: Pyroglyphidae)', *Experimental and Applied Acarology*, 22(1), pp. 31–37. doi: 10.1023/A:1006081323887.
- Gould, S. J. (1970) 'Dollo on Dollo's law: Irreversibility and the status of evolutionary laws', *Journal of the History of Biology*, 3(2), pp. 189–212. doi: 10.1007/BF00137351.
- Hage-Hamsten, M., Johansson, E., Wirén, A. and Johansson, S. G. (1991) 'Storage mites dominate the fauna in Swedish barn dust.', *Allergy*, 46(2), pp. 142–146. doi: 10.1111/j.1398-9995.1991.tb00558.x.
- Hart, B. J., Crowther, D., Wilkinson, T., Biddulph, P., Ucci, M., Pretlove, S., Ridley, I. and Oreszczyn, T. (2007) 'Reproduction and development of laboratory and wild house dust mites (Acari: Pyroglyphidae) and their relationship to the natural dust ecosystem', *Journal of Medical Entomology*, 44(4), pp. 568–574. doi: 10.1603/0022-2585(2007)44[568:radola]2.0.co;2.
- Honěk, A. (1996) 'Geographical variation in thermal requirements for insect development', *European Journal of Entomology*, 93(3), pp. 303–312.
- Houck, M. A. (1994) 'Mites: Ecological and Evolutionary Analyses of Life-History Patterns', 1st edition. Springer, New York, NY, p. 432. ISBN: 978-0-412-02991-2.
- Hubert, J., Pekár, S., Aulický, R., Nesvorná, M. and Stejskal, V.. (2013) 'The effect of stored barley cultivars, temperature and humidity on population increase of *Acarus siro*, *Lepidoglyphus destructor* and *Tyrophagus putrescentiae*', *Experimental and Applied Acarology*, 60(2), pp. 241–252. doi: 10.1007/s10493-012-9639-5.
- Hubert, J., Pekár, S., Nesvorná, M. and Šustr, V. (2011) 'Temperature preference and respiration of acaridid mites', *Journal of Economic Entomology*, 103(6), pp. 2249–2257. doi: 10.1603/ec10237.
- Chambers J. C., Thind B. B., Dunn J. A. and Pearson D. J. (1999). 'The importance of storage mite allergens in occupational and domestic environments'. In: Robinson W. H., Rettich F. and Rambo G. W. (eds), 'Proceedings of the 3rd International Conference on Urban Pests, Czech University of Agriculture, Prague, Czech Republic, 19–22 July, 1999'. Grafické závody, Hronov, pp. 559–569. ISBN: 80-238-4257-9.
- Chang, J. C. S. (1998) 'Survival of the house dust mite, *Dermatophagoides farinae*, at high temperatures (40–80 °C)', *Indoor Air*, 8(1), pp. 34–38. doi: 10.1111/j.1600-0668.1998.t01-3-00005.x.
- Ju (2012) 'Acaricidal and allergen-denaturing activities of *Pinus densiflora* needle oil and *Hovenia dulcis* constituents against *Dermatophagoides farinae*'. A thesis for the degree of masters of science. Seoul National University, Seoul, p. 4.
- Jørgensen, S. E. and Fath, B. D. (2014). 'Encyclopedia of Ecology', 1st edition. Elsevier, Amsterdam, p. 2851. ISBN: 978-0-08-091456-5.
- Kheradmand, K., Kamali, K., Fathipour, Y and Goltapeh, E. M. (2007) 'Development, life table and thermal requirement of *Tyrophagus putrescentiae* (Astigmata: Acaridae) on mushrooms', *Journal of Stored Products Research*, 43(3), pp. 276–281. doi: 10.1016/j.jspr.2006.06.007.
- King, R. C., Mulligan, P. K., and Stansfield, W. D. (2014) 'A Dictionary of Genetics', 8th edition. Oxford University Press, New York, NY, p. 103. ISBN: 978-0-19-530761-0.
- Kinnaird, C. H. (1974) 'Thermal death point of *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart, 1897) (Astigmata, Pyroglyphidae), the house dust mite.', *Acarologia*, 16(2), pp. 340–342.
- Klimov, P. B. and OConnor, B. (2013) 'Is permanent parasitism reversible? – Critical evidence from early evolution of house dust mites', *Systematic Biology*, 62(3), pp. 411–423. doi: 10.1093/sysbio/syt008.

- Koekkoek, H. H. M. and Bronswijk, J. E. M. H. (1972) 'Temperature requirements of a house-dust mite *Dermatophagoides Pteronyssinus* compared with the climate in different habitats of houses', *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 15(4), pp. 438–442. doi: 10.1111/j.1570-7458.1972.tb00231.x.
- Kraabøl, M., Gundersen, V., Fangel, K. and Olstad, K. (2015) 'The taxonomy, life cycle and pathology of *Sarcoptes scabiei* and *Notoedres cati* (Acarina, Sarcoptidae): A review in a fennoscandian wildlife perspective', *Fauna Norvegica*, 35, pp. 21–33. doi: 10.5324/fn.v35i0.1652.
- Lewis, C. (1997) 'Update on sheep scab', *In Practice*, 19(10), pp. 558–564. doi: 10.1136/inpract.19.10.558.
- Li, L., Chen, B., Xia, J. and Zhang, X. (1998) 'Influence of temperature and controlled atmosphere on development and reproduction of the mold mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae)', *Systematic and Applied Acarology*, 3(1), pp.113–120. doi: 10.11158/saa.3.1.18.
- Li, L., Qian, J., Zhou, Y. and Cui, Y. (2018) 'Domestic mite-induced allergy: Causes, diagnosis, and future prospects', *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 32, pp. 1–8. doi: 10.1177/2058738418804095.
- Matsumoto, K., Okam, M. and Wada, Y. (1986) '[Effect of relative humidity on life cycle of the house dust mites, *Dermatophagoides farinae* and *D. pteronyssinus*]', *Medical Entomology and Zoology*, 37(1), pp.79–90. doi: 10.7601/mez.37.79. (in Japanese)
- Mevlüt, E. and Toros, S. (1989) 'An investigation on the development of *Acarus siro* L. (Acarina, Acaridae) under the different temperatures and relative humidities', *Turkiye Entomoloji Dergisi-Turkish Journal of Entomology*, 13(4), pp. 217–228. (in Turkish)
- Montealegre, F., Quiñones, C., Torres, N. and Goth, K. (2002) 'Detection of serine proteases in extracts of the domestic mite *Blomia tropicalis*', *Experimental and Applied Acarology*, 26(1–2), pp. 87–100. doi:10.1023/a:1020931221953 .
- Mounsey, K. E., Willis, C., Burgess, S.T., Holt, D.C., McCarthy, J. and Fischer, K. (2012) 'Quantitative PCR-based genome size estimation of the astigmatid mites *Sarcoptes scabiei*, *Psoroptes ovis* and *Dermatophagoides pteronyssinus*', *Parasites and Vectors*, 5(1), Art. No. 3. doi: 10.1186/1756-3305-5-3.
- Murton, J. J. and Madden, J. L. (2000) 'Observations on the biology, behaviour and ecology of the house-dust mite, *Dermatophagoides Pteronyssinus* (Trouessart) (Acarina: Pyroglyphidae) in Tasmania', *Australian Journal of Entomology*, 16(3), pp. 281–287. doi: 10.1111/j.1440-6055.1977.tb00104.x.
- Naegele, A., Reboux, G., Scherer, E., Roussel, S. and Millon, L. (2013) 'Fungal food choices of *Dermatophagoides farinae* affect indoor fungi selection and dispersal', *International Journal of Environmental Health Research*, 23(2), pp. 91–95. doi: 10.1080/09603123.2012.699029.
- Neige, P. (2015). 'Events of Increased Biodiversity: Evolutionary Radiations in the Fossil Record ', 1st edition. Elsevier, London, United Kingdom, p. 59. ISBN: 978-0-08-100474-6.
- OConnor, B. (1979) 'Evolutionary origins of astigmatid mites inhabiting stored products'. In: Rodriguez, J. G. (ed) (1979) 'Recent Advances In Acarology. Vol. I', 1st edition. Academic Press, New York, NY, pp. 273–278. ISBN: 978-0-12-592201-2.
- Paul, T. C. and Sinha, R. N. (1972) 'Low-temperature survival of *Dermatophagoides farinae*', *Environmental Entomology*, 1(5), pp. 547–549. doi: 10.1093/ee/1.5.547.
- *Priselkova D. O. (1954) '[Morphology, biology and ecology of mange mites from horses]' *First Soviet Conference of Veterinary Dermatology*. pp. 59–63. (in Russian)
- Rezk, H. A. (2016) 'Influence of temperature on life history parameters of the American house dust mite, *Dermatophagoides farinae*, Hughes (Acari: Pyroglyphidae)', *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 49(3), pp. 25 – 31.
- Rivard, I. (1961a) 'Influence of temperature and humidity on longevity, fecundity, and rate of increase of the mite *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina: Acaridae) reared on mold cultures', *Canadian Journal*

of Zoology, 39(6), pp. 869–876. doi: 10.1139/z61-081.

Rivard, I. (1961b) 'Influence of temperature and humidity on mortality and rate of development of immature stages of the mite *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk) (Acarina: Acaridae) reared on mold cultures', *Canadian Journal of Zoology*, 39(4), pp. 419–426. doi: 10.1139/z61-046.

Russell, R. C., Otranto, D. and Wall, R. L. (2013). 'The Encyclopedia of Medical and Veterinary Entomology', 1st edition. CABI Publishing, Oxford, UK, p. 219. ISBN: 978-1-78064-037-2.

Sánchez-Ramos, I., Álvarez-Alfageme, F. and Castañera, P. (2007) 'Effects of relative humidity on development, fecundity and survival of three storage mites', *Experimental and Applied Acarology*, 41(1–2), pp. 87–100. doi: 10.1007/s10493-007-9052-7.

Sánchez-Ramos, I. and Castañera, P. (2005) 'Effect of temperature on reproductive parameters and longevity of *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae)', *Experimental and Applied Acarology*, 36(1–2), pp. 93–105. doi: 10.1007/s10493-005-0506-5.

Sánchez-Ramos, I. and Castañera, P. (2007) 'Evaluation of low humidity treatments to control *Acarus farris* (Acari: Acaridae) in Cabrales cheese', *Experimental and Applied Acarology*, 41(4), pp. 243–249. doi: 10.1007/s10493-007-9071-4.

Sanders, A., Froggatt, P., Wall, R. and Smith, K. E. (2000) 'Life-cycle stage morphology of *Psoroptes manges* mites', *Medical and Veterinary Entomology*, 14(2), pp. 131–141. doi: 10.1046/j.1365-2915.2000.00223.x.

Schowalter, T. D. (2006) 'Insect Ecology. An Ecosystem Approach', 2nd edition. Elsevier, Amsterdam, p. 34. ISBN: 978-0-12-088772-9.

Silva, D. E., Silva, G. L., do Nascimento, J. M. and Ferla, N. J. (2018) 'Mite fauna associated with bird nests in Southern Brazil', *Systematic and Applied Acarology*, 23(3), pp. 426–440. doi: 10.11158/saa.23.3.2.

Sinha, R. N. and Paul, T. C. (1972) 'Survival and multiplication of two stored-product mites on cereals and processed foods.', *Journal of Economic Entomology*, 65(5), pp. 1301–1303. doi: 10.1093/jee/65.5.1301.

Smith, K. E., Wall, R., Berriatua, E. and French, N. P. (1999) 'The effects of temperature and humidity on the off-host survival of *Psoroptes ovis* and *Psoroptes cuniculi*', *Veterinary Parasitology*, 83(3–4), pp. 265–275. doi: 10.1016/S0304-4017(99)00063-1.

Smrž, J. (2013). 'Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů', 1st edition. Karolinum, Praha, pp. 143, 187. ISBN: 978-80-246-2258-3.

Solomon, M. E. (1962) 'Ecology of the flour mite, *Acarus siro* L. (= *Tyroglyphus farinae*)', *Annals of Applied Biology*, 50(1), pp. 178–184. doi: 10.1111/j.1744-7348.1962.tb06000.x.

Spieksma, F. T. (1967) 'The house dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart 1897), producer of the house dust allergens (Acari: Psoroptidae)'. A thesis for the degree of doctor of science. Leiden University, Leiden, pp. 14–19, 26–35, 38–39, 41–42.

Spieksma, F. T. and Spieksma-Boezeman, M. I. (1967) 'The mite fauna of house dust with particular reference to the house-dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart, 1897) (Psoroptidae: Sarcoptiformes)', *Acarologia*. 9(1), pp. 226–241.

Stejskal, V. and Hubert, J. (2008) 'Risk of occupational allergy to stored grain arthropods and false pest-risk perception in Czech grain stores', *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 15(1), pp. 29–35.

Sweatman, G. K. (1958) 'On the life history and validity of the species in *Psoroptes*, a genus of mange mites', *Canadian Journal of Zoology*, 36(6), pp. 905–929. doi: 10.1139/z58-078.

Takebayashi, N. and Morrell, P. L. (2001) 'Is self-fertilization an evolutionary dead end? Revisiting an old hypothesis with genetic theories and a macroevolutionary approach', *American Journal of Botany*, 88(7), pp. 1143–1150. doi: 10.2307/3558325.

- Termonia, A., Hsiao, T. H., Pasteels, J. M. and Milinkovitch, M. C. (2001) 'Feeding specialization and host-derived chemical defense in *Chrysomeline* leaf beetles did not lead to an evolutionary dead end', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U. S. A.*, 98(7), pp. 3909–3914. doi: 10.1073/pnas.061034598.
- Townsend, C. R., Begon, M. and Harper, J. L. (2008). *Essentials of Ecology*, 3rd edition. Blackwell Publishing, Malden, MA, pp.76, 177. ISBN: 978-1-4051-5658-5.
- van Bronswijk, J. E. M. H., Schoonen, J. M. C. P., Berlie, M. A. F. and Lukoschus, F. S. (1971) 'On the abundance of *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart, 1897) (Pyroglyphidae: Acarina) in house dust', *Researches on Population Ecology*, 13(1), pp. 67–79. doi: 10.1007/BF02522014.
- van Bronswijk, J. E. M. H., Drs, B. and Sinha, R. N. (1971) 'Pyroglyphid mites (Acari) and house dust allergy. A review', *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 47(1), pp. 31–52. doi: 10.1016/S0091-6749(71)80315-9.
- van Bronswijk, J. E. M. H. (1979) 'House dust as an ecosystem'. In: Rodriguez, J. G. (ed.) (1979) 'Recent Advances in Acarology. Vol. II', 1st edition. Academic Press, New York, New York, pp. 167–172. ISBN: 978-0-12-592202-9.
- van Neste, D. and Lachapelle, J. M. (1981) 'Host-parasite relationships in hyperkeratotic (Norwegian) scabies: pathological and immunological findings', *British Journal of Dermatology*, 105(6), pp. 667–678. doi: 10.1111/j.1365-2133.1981.tb00977.x.
- Volf, P. a Horák, P. (2007) 'Paraziti a jejich biologie', 1st edition. Triton, Praha, pp. 40–41, 300, 304–305, 308. ISBN: 978-80-7387-008-9.
- Waldron, R., McGowan, J., Gordon, N., McCarthy, Ch., Mitchell, E. B. and Fitzpatrick, D. A. (2019) 'Proteome and allergenome of the European house dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus*', *PLOS ONE*, 14(5), Art. No. e0216171. doi: 10.1371/journal.pone.0216171.
- Wall, R. Smith, K. E., Berriatua, E. and French, N. P. (1999) 'Simulation analysis of the population dynamics of the mite, *Psoroptes ovis*, infesting sheep', *Veterinary Parasitology*, 83(3–4), pp. 253–264. doi: 10.1016/S0304-4017(99)00062-X.
- Wharton, G. W. (1976) 'House dust mites', *Journal of Medical Entomology*, 12(6), pp. 577–621. doi: 10.1093/jmedent/12.6.577.
- Xu, F., Jerlström-Hultqvist, J., Kolisko, M., Simpson, A. G. B., Roger, A. J., Svärd, S. G. and Andersson, J. O. (2016) 'On the reversibility of parasitism: adaptation to a free-living lifestyle via gene acquisitions in the diplomonad *Trepomonas* sp. PC1', *BMC Biology*, 14, Art. No. 62. doi: 10.1016/S0304-4017(99)00062-X.

Webové stránky:

Zicha, O. (2019). 'Profil taxonu'. BioLib: Biological library. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxon/id18969/> [cit. 7. 5. 2020].

Fuchs, J. (2017). 'Drying: The Effect of Temperature on Relative Humidity'. Cleaning Technologies Group. Dostupné z: <https://techblog.ctgclean.com/2013/05/drying-the-effect-of-temperature-on-relative-humidity/> [cit. 12. 11. 2019].

Koster, L. (2016). 'Indoor humidity'. The National Asthma Council Australia. Dostupné z: <https://www.nationalasthma.org.au/news/2016/indoor-humidity> [cit. 22. 3. 2020].

Meisner, G. (2016). 'Golden Ratios in Body Temperatures'. The Golden Number. Dostupné z: <https://www.goldennumber.net/body-temperatures/> [cit. 5. 11. 2019].

Parreira, S. (2016). 'How to Manage Pests: Degree-Days. Integrated Pest Management Program'. University of California Agriculture and Natural Resources. Dostupné z: <http://ipm.ucanr.edu/WEATHER/ddconcepts.html> [cit. 30. 10. 2019].

Shiel, W. C. (2018). 'Definition of Exudate'. MedicineNet. Dostupné z: <https://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=9900> [cit. 11. 4. 2020].